Acta Societatis Scientiarum Bohemicae

Řídí / Edited by
Jaroslav Pánek

Svazek / Volume 2


C.P.S. 1843.

O hvězdách, oceánech a lidstvu

On Stars, Oceans and Mankind

XXI. valné shromáždění Učené společnosti České republiky
s příspěvky představitelů Královské společnosti v Londýně

XXI General Assembly of the Learned Society of the Czech Republic
with contributions from representatives of the Royal Society of London

Uspořádal / Edited by Jiří Bičák

Učená společnost České republiky
Learned Society of the Czech Republic

Praha / Prague 2016

Vydáno s finanční podporou Akademie věd ČR

Akademie věd
České republiky

Starry Night Over the Rhone (1888)
Vincent van Gogh (1853–1890), painter interested in astronomy
Musée d'Orsay, Paris

Daylight View over Table Bay Showing the Great Comet of 1843
Charles Piazzi Smyth (1819–1900), astronomer interested in painting
National Maritime Museum, Greenwich

Hvězdná noc nad Rhônou (1888)
Vincent van Gogh (1853–1890), malíř zajímající se o astronomii
Musée d'Orsay, Paříž

Pohled přes Stolovou zátoku na Velkou kometu z roku 1843
za denního světla
Charles Piazzi Smyth (1819-1900), astronom zajímající se o malířství
Národní muzeum námořnictví, Greenwich

ISBN 978-80-905088-3-5

OBSAH / CONTENTS

Pár slov úvodem

Sborník, který držíte v rukou, reflektuje první slavnostní den XXI. valného shromáždění Učené společnosti ČR, který se konal 18. května 2015 v prostorách Karolina Univerzity Karlovy v Praze; dopolední část proběhla ve staroslavné Aule Magně, odpolední v Modré posluchárně.

Zasedání zahájil předseda Učené společnosti prof. Jiří Bičák přivítáním všech přítomných, představitelů Akademie věd a vysokých škol, členů Učené společnosti, nositelů medailí a cen Učené společnosti pro rok 2015, zvláště pak prvního místopředsedy vlády pro vědu a výzkum pana Dr. Pavla Bělobrádka, a poradkyň předsedy vlády pro vědu a výzkum paní Dr. Aleny Gajdůškové a prof. Evy Sykové. Speciálně pak přivítal vzácné zahraniční hosty, čelné představitele britské vědy a Královské společnosti v Londýně, nejstarší kontinuálně existující učené společnosti novověku, lorda Martina Reese, Sira Briana Heapa a profesora Geoffrey Boultona.

Shromáždění pozdravili rektor Karlovy university prof. Tomáš Zima, místopředseda vlády Dr. Pavel Bělobrádek a místopředseda Akademie věd ČR prof. Vladimír Mareček. Během dopolední části pronesl Jiří Bičák úvodní projev o vědě a roli učených společností. Následovalo předání cen a medailí, vystoupení Škampova kvarteta a tři kratší příspěvky zahraničních hostů o vědě, etice a budoucnosti (M. Rees), o využití záplavy dat v digitálním věku (G. Boulton) a o iniciativě „chytrých vesnic“ (B. Heap). Texty založené na těchto příspěvcích jsou obsaženy v tomto sborníku.

Opening words

The volume you are holding in your hands reflects the first ceremonial day of the XXI General Assembly of the Learned Society of the Czech Republic, which was held on May 18, 2015 on the premises of Karolinum, Charles University in Prague; the morning session took place in the celebrated Aula Magna, the afternoon session in the Blue Auditorium.

The Assembly was opened by the President of the Learned Society, Prof. Jiří Bičák, by welcoming all the attendees, representatives of the Academy of Sciences and universities, members of the Learned Society, recipients of medals and awards by the Learned Society in 2015, particularly the Deputy Prime Minister for science and research, Dr. Pavel Bělobrádek, and advisors to the prime minister on science and research, Dr. Alena Gajdůšková and Prof. Eva Syková. Jiří Bičák gave a special welcome to honoured foreign guests – eminent representatives of British science and the Royal Society of London, the oldest continually existing learned society of modern age, Lord Martin Rees, Sir Brian Heap and Prof. Geoffrey Boulton.

The Assembly was saluted by the Rector of Charles University, Prof. Tomáš Zima, Deputy Prime Minister, Dr. Pavel Bělobrádek, and Vice President of the Czech Academy of Sciences, Prof. Vladimír Mareček. During the morning session Jiří Bičák gave an opening speech on science and the role of learned societies which was followed by the presentation of awards and medals, a performance by the Škampa Quartet and three briefer

Po polední recepci a tiskové konferenci pak v odpolední části zahraniční hosté proslovili obsáhlejší přednášky, které také připravili v písemné formě. M. Rees hovořil o astrofyzice a kosmologii, G. Boulton o oceánech a B. Heap o geneticky upravených plodinách. První den zasedání skončil neformální diskusí zahraničních hostů z Královské společnosti a představitelů Učené společnosti ČR o roli učených společností a akademií v současném světě.

Na dalších stránkách zveřejněné písemné verze přednášek nejsou přirozeně zcela identické s proslovenými přednáškami. Přímý průběh slavnostního dne zasedání lze však shlédnout na webových stránkách Učené společnosti.[1]

S myšlenkou na čtenáře, pro něž by texty mohly být užitečné i z jazykového hlediska, jsou anglický originál a český překlad, připravený Dr. Martinem Žofkou z Ústavu teoretické fyziky MFF UK, tištěny souběžně na protilehlých stránkách.

Jiří Bičák

1 http://www.learned.cz/cz/co-je-noveho/aktuality/xxi-valne-shromazdeni-ucene-spolecnosti-slavnostni-cast-18-5-2015.html

contributions by the foreign guests on science, ethics and the future (M. Rees), on making use of the torrent of data in the digital era (G. Boulton) and on the 'Smart Villages' initiative (B. Heap). Texts based on these contributions are included in this volume.

After a lunch reception and a press conference the afternoon session continued with the foreign guests delivering more comprehensive talks, which they prepared also in writing. M. Rees spoke about astrophysics and cosmology, G. Boulton about oceans and B. Heap about genetically modified crops. The first day of the Assembly was concluded with an informal discussion between the foreign guests from the Royal Society and representatives of the Learned Society of the Czech Republic about the role of learned societies and academies in contemporary world.

The written versions of the talks as published in the following pages are naturally not entirely identical to the delivered lectures. However, you can watch a live recording of the ceremonial session of the Assembly on the website of the Learned Society.[1]

Bearing in mind the reader who might find the texts helpful also from the linguistic perspective, the English originals and Czech translations prepared by Dr. Martin Žofka from the Institute of Theoretical Physics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, are printed side by side on facing pages.

Jiří Bičák

1 http://www.learned.cz/cz/co-je-noveho/aktuality/xxi-valne-shromazdeni-ucene-spolecnosti-slavnostni-cast-18-5-2015.html

Krátké biografie představitelů Královské společnosti.[1]

Profesor Geoffrey Boulton OBE, FRS, FRSE, generální tajemník Královské společnosti v Edinburghu, emeritní královský profesor a bývalý prorektor Edinburské univerzity. Je členem rady předsedy vlády pro vědu a techniku, špičkového britského poradního orgánu v oblasti vědy a technologií. Byl vedoucím katedry geologie a geofyziky.

Profesor Sir Brian Heap CBE FRS je výzkumným pracovníkem v Centru rozvojových studií na Cambridgeské univerzitě, bývalým rektorem cambridgeské St Edmund's College a předsedou Expertní rady evropských akademií pro vědu. Jako člen Královské společnosti zastával funkce zahraničního tajemníka a místopředsedy. Byl ředitelem Biologického ústavu a předsedou Mezinárodní společnosti pro vědu a náboženství.

Profesor Martin John Rees, baron Rees z Ludlow, Kt, OM, FRS, HonFREng FMedSci je britský kosmolog a astrofyzik. Od roku 1995 je královským astronomem na Greenwichské královské observatoři. V letech 2004 až 2012 byl rektorem cambridgeské Trinity College a v letech 2005 až 2010 byl předsedou Královské společnosti. Roku 2005 byl Rees povýšen na doživotního peera a coby nestraník zasedá ve Sněmovně lordů jako baron Rees z Ludlow, města, které se nachází ve shropshirském hrabství. Je zahraničním členem řady akademií, včetně Učené společnosti ČR.

1 Podrobnější informace viz http://www.learned.cz/cz/co-je-noveho/aktuality/anotace-prednasek-na-xxi-valnem-shromazdeni-ucene-spolecnosti.html

Brief biographies of representatives of the Royal Society.[1]

Professor Geoffrey Boulton OBE, FRS, FRSE, General Secretary of the Royal Society of Edinburgh, Regius Professor Emeritus and former Vice Principal of the University of Edinburgh. He is a member of the Prime Minister's Council for Science and Technology, UK's top-level science and technology advisory body. He was formerly Head of the Department of Geology and Geophysics.

Professor Sir Brian Heap CBE FRS is Research Associate, Centre for Development Studies, University of Cambridge, former Master of St Edmund's College, Cambridge, and President of the European Academies' Science Advisory Council. Elected Fellow of the Royal Society, he held posts as Foreign Secretary, and Vice-President. He was President of the Institute of Biology, and President of the International Society for Science and Religion.

Professor Martin John Rees, Baron Rees of Ludlow, Kt, OM, FRS, HonFREng FMedSci is a British cosmologist and astrophysicist. He has been Astronomer Royal of the Royal Observatory at Greenwich since 1995 and was Master of Trinity College, Cambridge from 2004 to 2012 and President of the Royal Society between 2005 and 2010. In 2005, Rees was elevated to a life peerage, sitting as a crossbencher in the House of Lords as Baron Rees of Ludlow, of Ludlow in the County of Shropshire. He is a foreign member of a number of Academies, including the Learned Society of the Czech Republic.

1 The figure represents the frontispiece from *The History of the Royal Society* by Thomas Sprat, engraving by the Czech emigrant artist Václav Hollar, 1667.

Věda a učené společnosti

Jiří Bičák

Vážení hosté, ctěné kolegyně a ctění kolegové, milí přátelé,

Učená společnost České republiky v její nové podobě byla založena v roce 1994. Vznikla především z iniciativy dvou chemiků světového jména – profesora Otty Wichterleho, makromolekulárního chemika, který na nás hledí tak říkajíc z výšin, respektive my si uvědomujeme jeho odkaz ve výšinách, a profesora Rudolfa Zahradníka, kvantového chemika a prvního předsedy Učené společnosti, jehož odkaz si také uvědomujeme a který k naší radosti na nás hledí dnes zde z X-té řady. Scházíme se tedy na 21. slavnostním Valném shromáždění Společnosti. Přitom ovšem na jejím již 22. valném shromáždění, protože letos v lednu se konalo Valné shromáždění mimořádné („neslavnostní"), na němž jsme přijali nové stanovy, které umožňují pružnější činnosti a postupy.

První učená společnost v našich zemích však vznikla již v roce 1746 v Olomouci. Nesla tajemný název „Societas eruditorum incognitorum in terris Austriacis", tedy „Společnost neznámých učenců v zemích rakouských". Vydávala první vědecký časopis v habsburské monarchii, ovsem v němčině. Zřejmě jako reakce na vliv jezuitů a latiny v Olomouci. Založil ji Leopold von Petrasch, absolvent filosofické fakulty v Olomouci. Společnost bohužel měla jen efemérní trvání, po pěti letech se rozpadla. V roce 1791 však vznikla Královská česká učená společnost, ta existovala 160 let, zrušena byla až totalitou v roce 1951. Mezi její členy patřili například Bolzano, Doppler, Palacký, Dobrovský. V roce 1890 pak Josef Hlávka inspiroval organizačně i finančně založení České akademie věd a umění, která přetrvala do roku 1952. K její tradici se hlásí jak naše Společnost, tak dnešní Akademie věd.

Geny učených společností však můžeme nacházet mnohem hlouběji v čase. Ne, nechci mluvit o vzniku bytostí vybavených racionálním vědomím (tomu, pokud vím, se tak jako tak racionálně zatím nerozumí). Chci se zmínit o renesanci a o vědecké revoluci, která transformovala Evropu

Science And Learned Societies

Jiří Bičák

Honorable guests, respectable colleagues, dear friends!

The Learned Society of the Czech Republic in its new form was established in 1994. It originated primarily from an initiative by two chemists of world-wide reputation: Professor Otto Wichterle – a macromolecular chemist watching us, so to speak, from high above or we should rather say that we are aware of his legacy high up there – and Professor Rudolf Zahradník – a quantum chemist and the first president of the Learned Society, of whose legacy we are also aware and who – to our delight – is watching us here today from the Xth row. We thus convene at the 21st ceremonial General Assembly of the Society. But in fact this is already its 22nd General Assembly because this January there was an extraordinary General Assembly (a 'non ceremonial' one) where we adopted new statutes allowing more flexible activities and procedures.

However, the first learned society in our lands arose in Olomouc already in 1746. It held the arcane name of 'Societas eruditorum incognitorum in terris Austriacis', that is, the Society of Incognito Scholars in Austrian Lands. It published the first scientific journal in the Habsburg monarchy – in German, naturally – apparently as a reaction to the influence of the Jesuits and the Latin language in Olomouc. It was founded by Leopold von Petrasch, a graduate of the Faculty of Arts in Olomouc. Unfortunately, the society only existed ephemerally and it disintegrated after five years. In 1791, however, the Royal Bohemian Society of Sciences came into being, which existed for 160 years and was only dissolved by the totalitarian regime in 1951. Its members included, for instance, Bolzano, Doppler, Palacký, and Dobrovský. In 1890 Josef Hlávka then spurred the formation of the Czech Academy of Sciences and Arts in terms of organization and finances and the Academy survived until 1952. Its tradition is acknowledged by our Society as well as by the contemporary Academy of Sciences.

a celý svět. Dle původně astronoma Johna Gribbina, jednoho ze známých britských popularizátorů vědy a mimochodem také spoluautora popularizačních knih s naším dnešním hostem lordem Martinem Reesem, je vlastně štěstí pro historika vědy, že dvě stěžejní vědecká díla vyšla obě ve stejném roce, totiž v roce 1543. Právě tento rok lze označit, ač je v tom samozřejmě značná libovůle, za začátek renesance. V tomto roce totiž Mikoláš Koperník publikoval *De Revolutionibus Orbium Coelestium (O obězích nebeských sfér)* a vyšlo také zásadní dílo o biologickém výzkumu lidského těla, *De Humani Corporis Fabrica (O struktuře lidského těla)* od Andrease Vesalia. Koperník byl Polák, Vesalius pocházel z Bruselu, ale Koperník studoval v Itálii a v Itálii vykonal hlavní objevy i Vesalius. Do Itálie také přecházeli učenci z Cařihradu po jeho dobytí osmanskými Turky. Přinášeli sebou rukopisy a tradici řecké kultury. Je přirozené, že první učené společnosti vznikly právě v renesanční Itálii. Giovanni Battista della Porta byl italský učenec, vědec a dramatik, který žil v Neapoli a založil vůbec první vědeckou společnost *Academia Secretorum Naturae* (*Akademie tajemství přírody*) v roce 1560. Jeho nejslavnější dílo, poprvé publikované v roce 1558, se nazývalo *Magiae Naturalis* (*Přírodní magie*). Zabývá se v něm astrologií, alchymií, ale i matematikou, meteorologií a přírodní filozofií. Říkali mu „profesor tajemství"…

Role tajemství na jevišti vědy je ovšem trvalá. Přejdeme-li do 20. století ke slovutnému českému symbolistickému básníkovi Otokaru Březinovi, čteme: „Dvacáté století, které se otvírá, naučí nás neočekávaným pravdám, smysl pro tajemství roste; pochopení hmotného světa se šíří, nejslavnější díla obraznosti přenesena jsou do sféry přírodních věd. Ve fyzice, v chemii, v biologii ohlašují se kouzelné perspektivy…" Slovy Alberta Einsteina: „Nejkrásnější pocity vyplývají ze záhad. Jsou to pocity, které stojí u kolébky skutečného umění a skutečné vědy…" Věda a jí provázející technologický pokrok se závratně rozrostly a v 21. století je s nimi spojeno množství grantových zpráv, recenzí, posudků, u nás i kafemlejnků. Ve vědecky nejaktivnějších zemích a univerzitách (například v Cambridgi) se již řadu let pěstuje a vyučuje jako studijní obor „ekonomie vědy". Není divu. Zvláště v některých oborech jako je fyzika vysokých energií, s jejím nevyhnutelným nástrojem – urychlovačem částic v Evropské laboratoři CERN u Ženevy, s 1200 supravodivými magnety, které udržují částice na kruhové dráze v tunelu 27 km dlouhém v hloubce 150 metrů předtím, než se s obrovskými

And yet we can identify the genes of the learned societies much deeper back in time. No, I do not want to speak about the emergence of beings endowed with a rational mind (that, as far as I know, is not understood rationally so far anyway). I want to mention the Renaissance and the scientific revolution that transformed Europe and the entire world. According to John Gribbin – a former astronomer, one of the well-known British science popularizers, and, incidentally, also the co-author of popular science books together with our guest today, Lord Martin Rees – a historian of science is in fact lucky that the two crucial scientific works were both published in the same year, that is in 1543. It is precisely this year that we can call – although there is much arbitrariness about this, of course – the beginning of the Renaissance. This is because it was this year that Nicolaus Copernicus published *De Revolutionibus Orbium Coelestium (On the Revolutions of the Celestial Spheres)* and also the year when a fundamental work on the biological research of the human body appeared – *De Humani Corporis Fabrica (On the Fabric of the Human Body)* by Andreas Vesalius. Copernicus was a Pole, Vesalius hailed from Brussels but Copernicus studied in Italy and it was also in Italy where Vesalius made his major discoveries. There were also scholars coming to Italy from Constantinople after it was conquered by Ottoman Turks. They brought along manuscripts and the tradition of the Greek culture. It is only natural that the first learned societies originated precisely in Renaissance Italy. Giovanni Battista Della Porta was an Italian scholar, scientist, and playwright who lived in Naples and founded the very first scientific society, *Academia Secretorum Naturae* (*Academy of the Mysteries of Nature*), in 1560. His most famous work, first published in 1558, was entitled *Magiae Naturalis* (*Natural Magic*). It deals with astrology, alchemy but also mathematics, meteorology, and natural philosophy. They called him the 'professor of secrets'…

However, the role of mysteries on the scientific stage is permanent. If we procced to the 20th century, to a celebrated Czech symbolist poet Otokar Březina, we read: 'The twentieth century, which just began, will teach us unexpected truths, the sense of the arcane grows; the grasp of the physical world expands, the most famous works of imagination shift into the sphere of natural sciences. Fascinating perspectives are showing in physics, in chemistry, in biology…' In the words of Albert Einstein: 'The most beautiful experience we can have is the mysterious. It is the fundamental emotion energiemi srazí a vytvoří nové, dosud nepoznané částice hmoty. Nebo vysílání satelitů zkoumajících raný Vesmír. Například v roce 2009 vyslaný satelit Planck, který deteguje nejstarší světlo ve Vesmíru, tzv. reliktní záření. To jsou vysoce kolektivní a nákladné aktivity. Vědecké publikace v těchto oblastech mívají až tisíce autorů. Ale smysl pro tajemství a rozkoš z nového poznání jsou stále hlavní hnací silou! Za objev nové fundamentální elementární částice, tzv. Higgsova bozonu v CERNu, byla před dvěma lety udělena Nobelova cena, a Higgsův bozon naznačuje cesty, kde hledat tajemství další. Pozorování satelitu Planck významně posílila platnost tzv. inflačního stádia expanze velmi raného Vesmíru, kdy expanze probíhá exponenciálně rychle. Tyto cesty za tajemstvími vedou přitom ke vzniku praktických a užitečných vynálezů a objevů. Například Tim Berners-Lee, britský vědec v CERNu, vytvořil v roce 1989 World Wide Web (WWW), později Australan John O´Sullivan jako „vedlejší produkt“ své práce v rádioastronomii vynalezl rychlé bezdrátové spojení WiFi. Dnes i české firmy jsou úspěšnými dodavateli přístrojů do CERNU.

Letos slavíme 100 let od vzniku obecné teorie relativity, dodnes nejlepší teorie gravitace, kterou máme, a připomínáme si, že přesně před 60 lety a jedním měsícem, 18. dubna 1955, její tvůrce, Albert Einstein, zemřel. Max Born tehdy charakterizoval svůj vztah k obecné relativitě slovy: „Dnes, stejně jako v době jejího vzniku v roce 1915, mi připadá jako největší čin lidského myšlení o přírodě, nejúžasnější kombinace filozofického pohledu a fyzikální intuice a matematické dovednosti. Ale její souvislosti se zkušeností jsou malé. Připadá mi jako velké umělecké dílo, z něhož se můžeme těšit a z dálky je obdivovat.“ Zcela jiná je situace dnes! Efekty předpovězené obecnou relativitou hrají roli v navigačních sytémech typu GPS, kde je třeba vzdálenosti určovat s přesností několika metrů a časy s přesností nanosekund. Hlavní roli ovšem hraje obecná relativita v astrofyzice a kosmologii. Předpovídá existenci černých děr, objasňuje pozorování pulzarů, strukturu neutronových hvězd, existenci gravitačních vln, expanzi Vesmíru. Více se jistě dozvíme po obědě v přednášce Martina Reese.

Uvedl jsem příklady z oblastí, které jsou mi jako fyzikovi bližší. Jsou však obory, pro bezprostřední blaho člověka nepochybně důležitější než fundamentální fyzika, jako je chemie, biologie, medicina, které jsou v naší Učené společnosti zastoupeny světově uznávanými osobnostmi a které se stávají do značné míry také kolektivními aktivitami. Jsem přesvědčen, že which stands at the cradle of true art and true science…' Science and the technical progress associated with it have expanded staggeringly and in the 21st century they involve a number of grant reports, reviews, assessments, and, in our country, also the 'coffee-grinder' procedures. The scientifically most active countries and universities (for instance, Cambridge) have been cultivating and teaching for many years the subject of the 'economics of science'. No wonder. Particularly in some fields, such as high-energy physics with its inevitable tool – the particle accelerator in the CERN European laboratory near Geneva with 1200 superconducting magnets keeping particles on a circular path in a tunnel 27 km long and located at the depth of 150 meters before the particles collide at immense energies, creating new, as yet unknown matter particles. Or when sending out satellites exploring the early Universe. For instance, the Planck satellite launched in 2009, which detects the oldest light in the Universe, the so-called microwave background radiation. These are highly teamwork-based and very costly activities. Scientific publications in these fields usually have up to thousands of authors. However, the sense of the arcane and the delight in the new knowledge are still the main drivers! The discovery of a new fundamental elementary particle, the so-called Higgs boson, in CERN was awarded the Nobel Prize two years ago and Higgs boson indicates where to look for other secrets. Observations by the Planck satellite substantially bolstered the validity of the so-called inflationary expansion model of the very early Universe when the expansion proceeded exponentially fast. These paths to the mysteries also lead to the emergence of practical and helpful inventions and discoveries. For example, Tim Berners-Lee, a British scientist in CERN, created the World Wide Web (WWW) in 1989; John O´Sullivan of Australia later invented a fast wireless connection – the Wi-Fi – as a 'by-product' of his work in radio astronomy. Even Czech firms successfully supply instruments for CERN today.

This year we are celebrating 100 years since the formulation of the general theory of relativity – the best theory of gravity we have to this day – and we commemorate the death of its creator, Albert Einstein, exactly 60 years and one month ago on April 18, 1955. At that time Max Born characterized his attitude towards general relativity using these words: 'The foundation of general relativity appeared to me then, and it still does, the greatest feat of human thinking about nature, the most amazing combinai v nich radost z poznání a odkrývání tajemství jsou hlavní motivací. Podobně je tomu ostatně i s výzkumy v oblastech společenských a historických věd. Její představitelé tvoří čtvrtou sekci naší Učené společnosti. K letošním 75. narozeninám našeho člena pana profesora Františka Čermáka, lingvisty, zakladatele Ústavu Českého národního korpusu vyšel sborník s „výmluvným" názvem – *Radost z jazyků*.

Vraťme se ještě krátce do historie. Papež Řehoř XIII v roce 1578 společnost onoho „profesora tajemství" zakázal pro podezření z čarodějnictví. Vznikaly ale postupně další učené společnosti v Itálii, Francii a Německu, na závěr se však chci pouze zmínit o patrně nejvlivnější a nejznámější učené společnosti – o britské Royal Society založené v roce 1660. Mezi jejími prezidenty byl od roku 1703 do roku 1727 Isaac Newton, později například od roku 1925 do 1930 Lord Rutherford, od roku 2005 do roku 2010 jím byl náš host Lord Rees. Jejími významnými představiteli byli i naši dva další dnešní hosté, profesor Sir Brian Heap a professor Geoffrey Boulton; ten byl také tajemníkem skotské Royal Society of Edinburgh. O roli těchto učených společností se dozvíme, zbyde-li čas, v závěru dnešního odpoledne. Nyní bych se chtěl jen letmo zmínit o vzniku Royal Society. Ten zásadně inspiroval a ovlivnil filosof a vědec Francis Bacon. Bacon byl jedním z prvních, kdo se snažil systematizovat vědecký postup – zdůrazňoval úlohu pozorování a indukce, poté vytváření hypotéz a teorií. Baconova díla si vysoce cenil český filozof, pedagog a teolog Jan Amos Komenský a navazoval na ně okruh Komenského přátel v Anglii v čele se Samuelem Hartlibem. Ke Komenského okruhu patřili někteří z raných členů Royal Society, např. proslulý chemik a fyzik Robert Boyle. Komenský roku 1668 adresoval Společnosti nově napsanou předmluvu ke svému pansofickému dílu Via lucis (Cesta světla). Hartlib a Komenský chtěli vzdělávat a vychovávat společnost, jako religiozně založení myslitelé to považovali za realizaci Božího díla na Zemi.

Předchozí náš předseda, historik a teolog pan profesor Pokorný, vloni končil svůj projev zde na slavnostním Valném shromáždění úvahami o vztahu vědy a víry. Mezi vědci není, myslím, mnoho tak neochvějných věrozvěstů ateismu jako je Richard Dawkins či Lawrence Krauss, nedávní hosté festivalu Academia Film a univerzity v Olomouci. Znám však několik předních vědců, kteří přijímají existenci obou sfér pohledu na svět, soudí však, že nemá velký smysl mezi nimi hledat souvislosti. Albert Einstein byl často žádán, aby se k této otázce vyjádřil. V jedné z mnoha odpovědí lapition of philosophical penetration, physical intuition, and mathematical skill. But its connections with experience were slender. It appealed to me like a great work of art, to be enjoyed and admired from a distance.' The situation is quite different today! Effects predicted by general relativity play an important role in the GPS-type navigation systems, where distances need to be determined with a precision of several meters and times with a precision of nanoseconds. General relativity takes central stage in astrophysics and cosmology. It predicts the existence of black holes, clarifies observations of pulsars, the neutron star structure, the existence of gravitational waves, and the expansion of our Universe. We will certainly learn more in the afternoon lecture by Martin Rees.

I gave examples from the fields that I relate to as a physicist. However, there are subjects undoubtedly more important for immediate human welfare than fundamental physics – such as chemistry, biology, and medicine, which are represented in our Learned Society by world-renowned figures and which have also become teamwork activities to a considerable degree. I am confident that the joy of learning and of unraveling the mysteries is the main motivation here, too. In fact, the situation is similar regarding research in the fields of social and historical sciences. Their representatives constitute the fourth section of our Learned Society. A collective volume with a telling title – *Joy of Languages* – was published this year in honor of the 75th birthday of our member, Professor František Čermák, a linguist and the founder of the Institute of the Czech National Corpus.

Let us briefly return to history yet. Pope Gregory XIII banned the society of this 'professor of secrets' on suspicion of witchcraft in 1578. Yet other learned societies arose gradually in Italy, France, and Germany. To conclude however, I just wish to mention the apparently most influential and renowned learned society – the British Royal Society established in 1660. Their presidents included Isaac Newton from 1703 to 1727 and later, for example, Lord Rutherford between 1925 and 1930. Our guest, Lord Rees, served as the president from 2005 until 2010. Our other two guests today were also among the Society's important representatives: Professor Sir Brian Heap and Professor Geoffrey Boulton who also served as the secretary of the Scottish Royal Society of Edinburgh. We will learn about the role of these scholarly societies at the end of today's afternoon session if there is time. Now, in passing, I would like to mention the foundation of the dárně řekl: „Věda bez víry je chromá, náboženství bez vědy slepé"… Chci však nakonec připomenout jiný Einsteinův výrok: „Jednu věc jsem během svého dlouhého života pochopil: že ve srovnání s realitou je veškerá naše věda primitivní a dětinská" – ano, to si uvědomujeme i dnes, kdy přes veškerý pokrok, nebo spíše právě díky tomuto pokroku, jsme se například během posledních let dozvěděli, že 96% hmoty ve Vesmíru je ve formě temné hmoty a temné energie, jejichž skutečnou podstatu zatím nechápeme – a přesto, Einstein dodává, „věda je nejcennější věcí, kterou máme".

Royal Society, which was inspired and influenced in a crucial way by the philosopher and scientist Francis Bacon. Bacon was one of the early scholars trying to systematize the scientific method – he emphasized the role of observation and inductive reasoning and then the formulation of hypotheses and theories. Bacon's works were highly esteemed by a Czech philosopher, pedagogue and theologian, John Amos Comenius and they were further developed by the circle of Comenius' friends in England led by Samuel Hartlib. The circle included some of the early members of the Royal Society, such as the renowned chemist and physicist Robert Boyle. In 1668 Comenius addressed to the Society a newly written preface to his pansophical work *Via lucis* (*The Way of the Light*). Hartlib and Comenius wanted to educate and cultivate the society – as religious thinkers they considered it to be the accomplishment of the work of God on Earth.

Last year our previous president, the historian and theologian, Professor Pokorný, concluded his address here at the ceremonial General Assembly with reflections on the relation between science and faith. I believe that among scientists there are not many such unwavering apostles of atheism like Richard Dawkins or Lawrence Krauss, the recent guests of the Academia Film festival and the university in Olomouc. However, I know several prominent scientists who accept the existence of both worldview domains but they conclude it does not make much sense to search for links between them. Albert Einstein was often asked to give his opinion on the issue. In one of his many replies he said succinctly: 'Science without religion is lame, religion without science is blind…' Finally, however, I want to remember another quote by Einstein: 'One thing I have learned in a long life: that all our science, measured against reality, is primitive and childlike.' Yes, we are aware of this also today – despite of all our advancement or perhaps precisely because of it – having learned in recent years that, for example, 96% of matter in the Universe is in the form of dark matter and dark energy, the true nature of which we do not comprehend so far – and yet, Einstein adds, science 'is the most precious thing we have.'

„Věda, etika a budoucnost“

Martin Rees

Je mi ctí zde dnes být. A to ctí dvojnásobnou, protože profesor Jiří Bičák je mým přítelem a kolegou již 40 let – od doby, kdy jsme oba byli velmi mladí!

Od té doby nastala jedna mírná změna. Jiřího jsem potkal v Americe. Většina vědců z naší generace se skutečně se svými protějšky ze zbytku Evropy setkala v USA – a to platilo o těch ze západní Evropy i ze zemí na opačné straně Železné opony. Dnes probíhá živá vzájemná výměna po celé Evropě – za vydatné podpory programů EU. A ve „velkých vědách“ – fyzice částic a vesmíru – kde ekonomický tlak nutí všechny evropské země ke spolupráci, jsme se stali světovou jedničkou. A právě v tom spočívá role akademií a učených společností – a jejich role bude ještě větší ve světě zítřka.

Nejprve ale krátký pohled do minulosti – do 17. století. Britská akademie věd, Královská společnost, byla založena roku 1660. Na pravidelných setkáních společnosti se její členové dívali nově objevenými mikroskopy; naslouchali příběhům cestovatelů. Experimentovali s vývěvami, výbušninami a jedy. A některá setkání byla i hrůznější. Samuel Pepys si do svého slavného deníku zaznamenal transfúzi krve z ovce na člověka – který kupodivu přežil. (Zdravotnické a bezpečnostní předpisy mají na svědomí, že dnes jsou setkání Královské společnosti nezáživnější!)

Tito muži byli „důvtipní a zvídaví“. Zabývali se ale také praktickou agendou své doby – vylepšovali lodní navigaci, zkoumali Nový svět a přestavovali Londýn po Velkém požáru. Inspiroval je Francis Bacon – oni byli, řečeno jeho slovy, „obchodníky světla“, ale byli též odhodláni „ulevit člověku od jeho údělu“.

A od samého začátku byli „mezinárodní“. První tajemník Společnosti, Oldenburg, byl Němec a založil první opravdový vědecký časopis, v němž byly články od Huygense a dalších význačných Evropanů z kontinentu i samotné Británie.

Dnešní vědce vedou tytéž širší pohnutky jako tyto průkopníky – zvídavost, která je přiměje zkoumat zákony přírody; potěšení z důmyslných zařízení; cíl zlepšit lidský život. A jejich pohled na svět je dokonce ještě mezi-

Science, Ethics and the Future

Martin Rees

It's a privilege to be here today. Doubly so because Professor Jiří Bičák has been a friend and colleague for 40 years – since a time when we were both very young!

There's one benign change since then. I met Jiří in America. Indeed most scientists of our generation met their counterparts from the rest of Europe in the US – and this was true of those from Western Europe as well as countries the other side of the Iron Curtain. Now there is a vibrant interchange all across Europe – much helped by EU schemes. And in the 'big sciences' of particle physics and space science, where economic pressures force all European countries to cooperate, we have become world-beaters. And this is where academies and learned societies have a role – and will still more in tomorrow's world.

But first, a short flashback – to the 17th century. Britain's academy of sciences, The Royal Society, was founded in 1660. At their regular meetings its Fellows peered through newly-invented microscopes; they heard travellers' tales. They experimented with airpumps, explosions, and poisons. And some meetings were more gruesome. Samuel Pepys recorded in his famous diary a blood transfusion from a sheep to a man - who, amazingly, survived. (Health and safety rules render Royal Society meetings duller these days!)

These men were 'ingenious and curious'. But they were also immersed in the practical agenda of their era - improving navigation, exploring the New World, and rebuilding London after the Great Fire. They were inspired by Francis Bacon - they were, in his phrases, 'merchants of light', but committed also to 'the relief of man's estate'.

And they were 'international' right from the start. The Society's first secretary, Oldenburg, was German, and he founded the first real scientific journal, which had papers from Huygens and other eminent continentals as well as those from Britain itself.

Today's scientists have the same broad motives as these pioneers - the curiosity to probe nature's laws; the delight in ingenious devices; the aim to národnější. Dnes ale nemohou být polyhistory. Výzkum je nyní jen pro zasvěcené, je profesionalizovaný a technický. Mezi vědci a širší veřejností tudíž stojí komunikační bariéra – a mezi různými specializacemi vlastně též. Vědci se navíc obecně příliš málo účastní politiky. To je důvod, proč akademie, které tyto překážky překlenují, jsou důležitější než kdy dřív.

Mimochodem: slovo „věda“ používán v širším smyslu, jenž zahrnuje i technologii a technické obory – není to jen proto, abych šetřil slovy, ale i proto, že jsou vzájemně symbioticky propojeny. „Řešení problémů“ nás motivuje všechny – ať už je člověk astronomem zkoumajícím vzdálený kosmos, nebo technikem, před nímž stojí nějaký věcný konstruktérský oříšek. To druhé je přinejmenším stejně náročné – což pěkně vypíchnul starý kreslený vtip, kde jsou dva bobři, kteří si prohlížejí přehradu hydroelektrárny. Jeden bobr povídá, „Vlastně jsem to nepostavil, ale vychází to z mého nápadu.“

Navíc věda není pouze pro vědce – je klíčová pro rozšiřující se škálu profesí, ale týkat by se měla každého. Dnešní mladí lidé – a to všichni – budou žít ve světě, jenž bude stále více závislý na technice a stále zranitelnější, pokud technika selže, či se vydá špatným směrem. Společnost již nyní čelí obtížným otázkám jako třeba:

Kdo by měl mít přístup k údajům odečteným z našeho osobního genetického kódu? Jak ovlivní rostoucí délka života společnost? Měli bychom stavět jaderné elektrárny – nebo větrné farmy – abychom mohli dál svítit? Měli bychom pěstovat geneticky modifikované plodiny? Měl by zákon povolit „děti na míru“ nebo drogy zlepšující chápání?

Takovéto otázky se týkají nás všech: vstupuje do nich věda, ale vstupuje do nich i ekonomie, politika a etika – oblasti, kde vědci hovoří jakožto občané bez zvláštních odborných znalostí. Demokratické debaty se ale nepozvednou nad úroveň bulvárních sloganů, pokud nebude mít každý dostatečně silný „cit“ pro vědu – a pro riziko a nejistotu – aby se vyhnul tomu, že by jej obalamutila propaganda a špatné statistiky nebo že by choval přílišnou úctu vůči odborníkům.

Vědci pravidelně lamentují, jak málo toho veřejnost ví, a žehrají na přírodovědné vzdělávání. Nevzdělanost ale není příznačná jen pro vědu. Je zrovna tak smutné, neznají-li občané dějiny svého národa, nemluví cizím jazykem a na mapě nedokáží nalézt Severní Koreu či Sýrii – a v mé zemi to mnozí neumějí. Jde o obžalobu našeho školství obecně – nedomnívám se, improve human lives. And their outlook is even more international. But they can't now be polymaths. Research is now professionalised, arcane and technical. There's consequently a communication barrier between scientists and the wider public – indeed between different specialisms too. Moreover, scientists are in general too disengaged from politics. That's why academies that straddle these barriers are more important than ever.

By the way, I'm using the word 'science' in a broad sense to encompass technology and engineering - this is not just to save words, but because they're symbiotically linked. 'Problem solving' motivates us all -whether one is an astronomer probing the remote cosmos, or an engineer facing a down-to-earth design conundrum. The latter is at least as challenging – a point neatly made by an old cartoon showing two beavers looking up at a hydroelectric dam. One beaver says 'I didn't actually build it, but it's based on my idea'.

Moreover, science isn't just for scientists – it's crucial for an increasing range of careers, but it should impinge on everyone. Today's young people – all of them – will live in a world, ever more dependent on technology, and ever more vulnerable to its failures or misdirection. Society already confronts difficult questions like:

Who should access the 'readout' of our personal genetic code? How will lengthening life-spans affect society? Should we build nuclear power stations – or wind farms - to keep the lights on? Should we plant GM crops? Should the law allow 'designer babies' or cognition enhancing drugs?

Such questions matter to us all: they involve science, but they involve economics, politics and ethics as well – areas where scientists speak as citizens without special expertise. But democratic debates won't rise beyond tabloid slogans unless everyone enough 'feel' for science – and for risk and uncertainty – to prevent their being bamboozled by propaganda and bad statistics, or over-deferential to experts.

Scientists routinely bemoan how little the public knows, and grumble about scientific education. But ignorance isn't peculiar to science. It's equally sad if citizens don't know their nation's history, can't speak a second language, and can't find North Korea or Syria on a map – and many in my country can't. This is an indictment of our schooling in general – I don't think scientists have a special reason to moan. Indeed, I'm gratified and surprised that so many people are interested in dinosaurs, the Hubble Telescope, the Higgs Boson – all blazingly irrelevant to our day-to-day lives.

že by vědci měli zvláštní důvod si naříkat. Vlastně jsem potěšen a překvapen, že se tolik lidí zajímá o dinosaury, Hubbleův teleskop, Higgsův boson – to vše je pro naše každodenní životy příkladně nepodstatné.

A to vede k dalšímu důvodu, proč je přírodovědné vzdělávání důležité. Vědeckého poznání bychom si měli cenit pro ně samotné.

V 19. století se k široké veřejnosti dostaly myšlenky Darwina a geologů. Dnes je opravdovým intelektuálním nedostatkem nechápat naše přírodní prostředí a principy, jimiž se řídí biosféra a podnebí. A být slepý k úchvatné vizi, již přináší darwinizmus a moderní kosmologie – k řetězci rodící se komplexity vedoucí od „velkého třesku“ ke hvězdám, planetám, biosférám a lidským mozkům, které dokáží hloubat nad podivuhodností a záhadností toho všeho.

Tyto koncepce jsou tím nejdůležitějším z lidské kultury. A víc než jen to: věda je jedinou kulturou, která je vpravdě globální – protony, proteiny a Pythagoras jsou titíž od Číny až po Peru. Měla by přesahovat veškeré národnostní bariéry. (A měla by mimochodem překlenovat i veškerá náboženská vyznání. Vědci, kteří napadají tradiční náboženství, místo aby usilovali o pokojné soužití s ním, poškozují vědu a také oslabují spojenectví proti fundamentalizmu a fanatizmu.).

Je důležité, aby si každý uvědomil, kolik toho vědci dosud nevědí – jaké mezery má naše současné poznání. A že všední jevy jsou často ty nejzáhadnější. Mohlo by se zdát divné, že astronomové mohou s jistotou hovořit o galaxiích vzdálených miliardy světelných let, zatímco guruové, kteří se vyjadřují ke každodenním záležitostem, jako je strava a péče o děti, mění své rady rok od roku. Tak divné to ale ve skutečnosti není.

Věci není těžké pochopit kvůli tomu, jak jsou velké, jde o to, jak jsou složité. Obtížnější je vypracovat prognózu počasí než předpovědět zatmění. Hmyz se svou vrstvou za vrstvou složitých struktur je daleko komplikovanější než hvězda. Lidské bytosti a jejich interakce jsou ještě daleko komplexnější.

Jaké průlomové objevy můžeme očekávat? V mém vlastním oboru astronomie je hodně vzrušující doba – jde kupříkladu o suity planet obíhajících cizí hvězdy a objevených kosmickou lodí příhodně pojmenovanou po Keplerovi.

Při mé další přednášce dnes odpoledne budu mít příležitost říct o tom víc.

And this leads to another reason why science education is important. Scientific insights should be valued for their own sake.

In the 19th century, the ideas of Darwin and the geologists reached a broad public. Today, it's a real intellectual deprivation not to understand our natural environment and the principles that govern the biosphere and climate. And to be blind to the marvellous vision offered by Darwinism and by modern cosmology – the chain of emergent complexity leading from a 'big bang' to stars, planets, biospheres and human brains able to ponder the wonder and the mystery of it all.

These concepts are highlights of human culture. More than that, science is the one culture that's truly global – protons, proteins and Pythagoras are the same from China to Peru. It should transcend all barriers of nationality. (And, by the way, it should straddle all faiths too. The scientists who attack mainstream religion, rather than striving for peaceful coexistence with it, damage science, and also weaken the alliance against fundamentalism and fanaticism.).

It's important that everyone realizes how much scientists still don't know how patchy our current understanding is. And that commonplace phenomena are often the most perplexing. It may seem odd that astronomers can speak confidently about galaxies billions of lightyears away, whereas the gurus who pronounce on everyday matters like diet and childcare, change their advice from year to year. But it isn't really so odd. What makes things hard to understand isn't how big they are, it's how complex they are. It's harder to forecast the weather than to predict eclipses. An insect, with its layer upon layer of intricate structure, is far more complex than a star. Human beings and their interactions are far more complex still.

What breakthroughs can we expect? In my own subject of astronomy there's much excitement – for instance, retinues of planets orbiting other stars – discovered by a spacecraft fittingly named after Kepler.

I'll have a chance to say more about this in another talk this afternoon

So much for science as culture. What kind of world will today's young people be living in by mid-century? One of the few things we can predict is that they'll be in a more crowded world. Fifty years ago, world population was below 3 billion. It now exceeds 7 billion. And by 2050 it's projected to be between 8.5 and 10 billion, the growth being mainly in the developing world. And the world's intellectual and physical capital will

Tolik k vědě coby kultuře. Co to bude za svět, v němž budou dnešní mladí lidé žít v polovině století? Jedna z mála věcí, které můžeme předpovědět, je, že budou v přelidněnějším světě. Před padesáti lety byla světová populace pod 3 miliardami. Nyní přesahuje 7 miliard. A předpokládá se, že do roku 2050 bude mezi 8,5 a 10 miliardami, přičemž k růstu bude docházet hlavně v rozvojovém světě. A světový intelektuální a fyzický kapitál se přesune do Asie – nastane konec čtyřsetleté hegemonie Evropy a Severní Ameriky.

Kromě toho, že svět bude přeplněnější, bude mít také jiné podnebí, což bude další zátěž.

Brian Heap ale bude mluvit o tom, že navzdory tomu všemu těchto 9 miliard nemusí mít před sebou hlad. Moderní zemědělství – mělká orba, šetření vodou a třeba i zapojení GM plodin – spolu s lepší technikou redukující odpad, zlepšující zavlažování a tak dále by mohlo již v polovině století toto množství lidí nasytit udržitelným způsobem. Také pokrok v dalších oborech, zvlášť ve zdravotní péči a informační technologii, skýtá důvod k naději.

A můžeme předpovědět ještě cosi dalšího. Bude narůstat propast mezi tím, co nám věda umožňuje dělat, a tím, co je rozumné či etické skutečně udělat. Technologie nám přinese úžasné vyhlídky, ale otevře i nové hrozby a postaví nás před nová mravní dilemata.

Náš svět začíná být propojenější. Jsme závislí na propracovaných sítích: rozvodech elektřiny, řízení letového provozu, mezinárodních financích, dodávkách právě na čas a tak dále. Pokud nebudou vysoce odolné, jejich zjevný přínos by mohl být převážen katastrofickými (ač výjimečnými) případy selhání, které zachvátí celou soustavu. Pandemie by se mohly šířit rychlostí tryskového letadla a způsobit naprostou spoušť v chaotických avšak rozrůstajících se megalopolích rozvojového světa. Sociální média by mohla přenášet psychickou nákazu – fámy a paniku – doslova rychlostí světla.

Zlovolné či lehkomyslné osoby nebo skupinky mají daleko větší moc a vliv než v minulosti. Prudce narůstají obavy z kyberútoku ze strany zločinců nebo nepřátelských států. Podobně i pokrok biotechnologií je příslibem obrovského potenciálu pro lékařství a zemědělství – zesiluje ale riziko bioerroru či bioteroru. Badatelé, kteří ukázali, že lze překvapivě snadno zařídit, aby byl virus chřipky prudce nakažlivý a zároveň přenosný, byli před shift to Asia – the end of 400 years of hegemony by Europe and North America.

As well as being more crowded, the world will have a changed climate and that will add to the pressures.

But despite all this, Brian Heap will discuss how 9 billion needn't face starvation. Modern agriculture – low-till, water-conserving, and perhaps involving GM crops – together with better engineering to reduce waste, improve irrigation, and so forth, could sustainably feed that number by mid- century And other advances, especially in healthcare and information technology, offer grounds for hope .

And we can predict something else. There'll be a growing gap between what science allows us to do, and what it's prudent or ethical actually to do. Technology will offer amazing prospects but will opens up new threats and poses new ethical dilemmas.

Our world is getting more interconnected. We depend on elaborate networks: electric power grids, air traffic control, international finance, just-in-time delivery and so forth. Unless these are highly resilient, their manifest benefits could be outweighed by catastrophic (albeit rare) breakdowns cascading through the system. Pandemics could spread at the speed of jet aircraft, causing maximal havoc in the shambolic but burgeoning megacities of the developing world. Social media could spread psychic contagion – rumours and panic – literally at the speed of light.

Malign or foolhardy individuals or small groups have far more power and leverage than in the past. Concern about cyber-attack, by criminals or by hostile nations, is rising sharply. Advances in biotech, likewise, offer huge potential for medicine and agriculture – but they amplify the risk of bioerror ot bioterror. Recently some researchers who'd shown that it was surprisingly easy to make an influenza virus both virulent and transmissible were pressured to redact some details of their publication. And the US government has stopped finding these so-called 'gain of function' experiments. Even more recently there's been controversy about CRISPR experiments done by Chinese scientists on human embryos. These are just portents foreshadowing the ethical and prudential issues that will face us in future.

And this is something I worry about – we need regulation, and 'responsible innovation'. But can we enforce this – in the 1970s there were some časem vystaveni tlaku, aby některé podrobnosti své publikace zredigovali. A americká vláda přestala tyto takzvané „aktivační“ pokusy financovat. Nedávno došlo ke kontroverzi ohledně experimentů založených na metodě CRISPR, které čínští vědci prováděli na lidských embryích. To jsou jen náznaky předznamenávající otázky, jimž budeme čelit v budoucnu – je to etické a prozíravé?

A to je cosi, co mi dělá starosti – potřebujeme regulaci a „zodpovědnou inovaci“. Můžeme je ale prosadit – v 70. letech tu bylo několik precedentů, dnes je ale tento obor globálnější a více vystaven komerčním tlakům. Prosadit regulace může být tedy nemožné zrovna tak jako prosadit zákony o drogách. A to je děsivé.

A takovéto obavy mohou vyvstat nejen v biotechnologiích, ale i v další rychle se rozvíjející technologii: robotice a strojové inteligenci.

Jsme zjevně svědky historického pokroku ve schopnosti strojů učit se, komunikovat a interagovat s námi.

Počítače se neučí tak jako my: používají metodu „hrubé síly“. Učí se rozpoznávat psy, kočky a lidské obličeje tak, že „přechroustají“ miliony obrázků – děti to takhle nedělají. Učí se překládat z cizích jazyků čtením vícejazyčných verzí milionů stran (například) dokumentů Evropské unie (nikdy se nenudí!).

Došlo k úžasnému pokroku v tom, čemu se říká zobecněné strojové učení – DeepMind (malá londýnská společnost, již nedávno koupil Google za 500 milionů dolarů) vytvořila stroj, který dokáže přijít na pravidla všech starých her na Atari, aniž by mu je řekli, a potom je hrát lépe než lidé.

Pokrok v senzorických a motorických dovednostech byl pomalejší. Při pohybování figurkami po skutečné šachovnici jsou roboti v porovnání s dětmi dosud neohrabaní. Nedokáží vám zavázat tkaničky ani ostříhat nehty na nohou. Technologie senzorů, rozpoznávání řeči, vyhledávání informací a tak dále se ale rozvíjejí rychlým tempem.

Roboti budou také přebírat stále širší škálu zaměstnání – nejen manuální práci (zautomatizovat povolání, jako je instalatér a zahradník, bude vlastně jedna z nejtěžších věcí), ale i úřednická místa, rutinní právnickou práci a lékařskou diagnostiku a operace. A velkou otázkou je, zda bude robotika stejná jako předchozí rozvratné technologie – kupříkladu auto – které vytvořily právě tolik pracovních míst, kolik zničily? Nebo je to tentokrát opravdu jiné?

precedents, but the field is more global – more subject to commercial pressures. So regulations may be as impossible to enforce as the drug laws. And that's scary.

And such concerns may arise not just in biotech but in another fast-advancing technology: robotics and machine intelligence

We're plainly witnessing momentous advances in the power of machines to learn, to communicate, and to interact with us.

Computers don't learn like we do: they use 'brute force' methods. They learn to identify dogs, cats and human faces by 'crunching' through millions of images – not the way a baby learns. They learn to translate from foreign languages by reading multilingual versions of millions of pages of (for example) EU documents (they never get bored!).

There's been exciting advances in what's called generalized machine learning – Deep Mind (the small London company that Google recently bought for 500 million dollars) created a machine that can figure out the rules of all the old Atari games without being told, and then play them better than humans.

Advances in sensors and motor-skills have been slower. Robots are still clumsy compared to a child in moving pieces on a real chessboard. They can't tie your shoelaces or cut your toenails. But sensor technology, speech recognition, information searches and so forth are advancing apace.

Robots will take over an ever-wider range of jobs – not just manual work (indeed jobs like plumbing and gardening will be among the hardest to automate), but clerical jobs, routine legal work, and medical diagnostics and operations. And the big question is this: Will the robotics be like earlier disruptive technologies – the car, for instance – which created as many jobs as it destroyed? Or is it really different this time?

And what about the use of 'dumb' autonomous robots – and drones – by the military? Can they be trusted to seek out a targeted individual via facial recognition, and decide whether to fire their weapon? Who has the moral responsibility then?

That's a near-term concern. But, looking further ahead, how can we ensure that ever more sophisticated computers remain docile 'idiots savant' and don't 'go rogue'? If they could infiltrate the internet – and the internet of things – they could manipulate the rest of the world.

A co používání „hloupých“ autonomních robotů – a dronů – armádou? Lze jim svěřit úkol vyhledat na základě rozpoznávání obličeje osobu, která je naším cílem, a rozhodnout se, zda spustit palbu? Kdo potom nese morální odpovědnost?

To jsou krátkodobé obavy. Když ale pohlédneme dál, jak můžeme zajistit, aby stále důmyslnější počítače zůstaly poddajnými „bláznivými génii“ a nestali se z nich „darebáci“? Pokud by dokázaly infiltrovat internet – a internet věcí – mohly by manipulovat se zbytkem světa.

Odborníci se neshodnou na tom, jak dlouho bude trvat, než stroje dosáhnou všeobecné inteligence lidské úrovně. Někteří říkají, že 25 let. Jiní říkají, že „nikdy“. Střední odhad v nedávném průzkumu byl kolem 50 let.

Někteří z lidí s největším renomé v oblasti umělé inteligenci se domnívají, že tento obor už nyní potřebuje směrnice – právě tak jako biotechnologie.

Nakonec pár myšlenek o povinnostech vědců (a techniků), má-li jejich výzkum potenciálně sociální, ekonomický a etický dopad, který se týká všech občanů.

Mezi vědou a politikou je důležité udržovat odstup. Posuzování rizik by mělo být oddělené od jejich řízení. Vědci by měli přijít s možnými strategiemi na základě shody expertíz; pokud se ale pustí do lobbování, měli by uznat, že o ekonomických, sociálních a etických stránkách jakékoli strategie mluví coby občané a nikoli odborníci – a budou zastávat řadu stanovisek. Rozhodnutí by měla být přijímána demokraticky. Někdy tak přijata byla, ba dokonce i konstruktivně. Ve Velké Británii vedl dialog se členy parlamentu – navzdory rozdílným postojům k etice – ke všeobecně obdivované soustavě zákonů o embryích a kmenových buňkách – což kontrastuje s tím, co se odehrálo v USA. I my jsme ale zaznamenali neúspěchy: debatu o GM plodinách jsme nechali čekat příliš dlouho – až do okamžiku, kdy bylo mínění již polarizováno mezi účastníky ekokampaně na jedné straně a komerčními zájmy na straně druhé. Vědci musejí přijmout zvláštní odpovědnost – i když by měli akceptovat skutečnost, že o ekonomických, sociálních a etických stránkách jakékoli strategie mluví jako občané a nikoli jako experti.

Krásné příklady najdeme mezi atomovými vědci, kteří za 2. světové války vyvíjeli první jaderné zbraně. Osud jim v dějinách určil stěžejní roli. Mnozí z nich – muži jako Jo Rotblat, Hans Bethe a Rudolf Peierls – se s úle-

Experts disagree on how long it will take before machines achieve general- purpose human level intelligence. Some say 25 years. Others say ‘never’. The median guess in a recent survey was about 50 years

Some of those with the strongest credentials in AI think the field already needs guidelines – just as biotech does.

Finally, a few thoughts about the obligations of scientists (and engineers) when their investigations have potential social, economic and ethical impacts that concern all citizens.

It’s important to keep ‘clear water’ between science and policy. Risk assessment should be separate from risk management. Scientists should present policy options based on a consensus of expert opinion; but if they engage in advocacy they should recognise that on the economic, social and ethical aspects of any policy they speak as citizens and not as experts – and will have a variety of views. The decisions should be made democratically. Sometimes this has happened, and constructively too. In the UK, a dialogue with parliamentarians led, despite divergent ethical stances, to a generally- admired legal framework on embryos and stem cells – a contrast to what happened in the US. But we’ve had failures too: the GM crop debate was left too late – to a time when opinion was already polarised between eco- campaigners on the one side and commercial interests on the other. Scientists have a special responsibility to engage – though they should accept that on the economic, social and ethical aspects of any policy they speak as citizens and not as experts.

There were fine examplars among the atomic scientists who developed the first nuclear weapons during World War II. Fate had assigned them a pivotal role in history. Many of them – men such as Jo Rotblat, Hans Bethe, and Rudolf Peierls – returned with relief to peacetime academic pursuits. But the ivory tower wasn’t, for them, a sanctuary. They continued not just as academics but as engaged citizens – promoting efforts to control the power they had helped unleash.

Scientists have a special responsibility to engage. You would be a poor parent if you didn’t care what happened to your children in adulthood, even though you may have little control over them. Likewise, scientists shouldn’t be indifferent to the fruits of their ideas – their creations. They should try to foster benign spin-offs – commercial or otherwise. They should resist, so far as they can, dubious or threatening applications of their work.

vou vrátili k mírovým akademickým aktivitám. Tato věž ze slonoviny ale pro ně nebyla útočištěm. Dál žili nejen jako akademičtí pracovníci, ale i jako angažovaní občané – podporovali snahu ovládnout sílu, již pomáhali uvolnit.

Vědci musejí přijmout zvláštní odpovědnost. Byli byste špatní rodiče, nestarali-li byste se o to, co bude s vašimi dětmi v dospělosti, i když s nimi třeba nic moc nenaděláte. Podobně ani vědci by neměli být lhostejní vůči ovoci svých myšlenek – svých výtvorů. Měli by se snažit podporovat jejich neškodné vedlejší produkty – komerční i nekomerční. Pokud mohou, měli by se bránit pochybnému či hrozivému využití své práce.

Zvláštní odpovědnost leží na lidech z akademického světa a na samostatně výdělečně činných osobách – tyto skupiny se mohou do veřejné debaty zapojit svobodněji než zaměstnanci vlády či průmyslu.

Národy možná musí spojit víc své svrchovanosti do nových organizací v duchu MAAE, WHO atd.

Největší výzvou je samozřejmě to, že většina z důležitých problémů, před nimiž svět stojí, je celosvětová a dlouhodobá. Musíme jednat mezinárodně (kupříkladu to, zda nějaká pandemie udeří globálně či nikoli, může záviset třeba na tom, jak rychle dokáže vietnamský pěstitel drůbeže oznámit jakoukoli podivnou chorobu). A mnohé z nich, třeba získávání energie a změna podnebí, znamenají časovou škálu mnoha desetiletí, což je zjevně daleko mimo „komfortní zónu“ většiny politiků. V dlouhodobém horizontu by se například celá Evropa patrně mohla spolehnout na solární energii, to by ale vyžadovalo stejnosměrnou rozvodnou síť po celém kontinentu. To je obrovský infrastrukturní projekt – není ale o nic větší než výstavba evropských železnic v 19. století. Naopak politici se starají o své voliče – a příští volby. Akcionáři očekávají výnosy v krátkodobém horizontu. I nyní zlehčujeme to, co se odehrává ve vzdálených zemích, a dokonce i morální imperativ zlepšit životní úděl dnešní „dolní miliardy“. A bereme na příliš lehkou váhu problémy, které tu zanecháme novým generacím.

„Kosmická loď Země“ se řítí prázdnem. Cestující jsou rozrušení a prchliví. Systém udržující je při životě snadno podléhá poruchám a haváriím. Příliš málo se ale plánuje, příliš málo se myslí do budoucna. Bez širšího pohledu – bez vědomí, že jsme všichni na tomto přelidněném světě společně – nestanoví vlády správně prioritu projektů, které jsou z politického hlediska dlouhodobé, i kdyby šlo v dějinách naší planety o pouhý okamžik.

A special obligation lies on those in academia, and on those who are self- employed entrepreneurs – these groups have more freedom to engage in public debate than employees of government or industry.

Nations may need to merge more sovereignty in new organizations along the lines of IAEA, WHO, etc.

The biggest challenge, of course, is that most of the important issues facing the world are global and long term. We need to act internationally (for instance, whether or not a pandemic gets global grip may hinge, for instance, on how quickly a Vietnamese poultry farmer can report any strange sickness.) And many of them – energy and climate change, for instance, involve multi- decade timescales – plainly far outside the 'comfort zone' of most politicians. For instance, in the long-run maybe all Europe could depend on solar energy, but this would require a continent wide DC grid. A huge infrastructure project but no bigger than the construction of European railways in the 19th century. In contrast, politicians look to their own voters – and the next election. Stockholders expect a pay-off in the short run. We downplay what's happening even now in far-away countries – even the moral imperative to improve the lot of today's 'bottom billion'. And we discount too heavily the problems we'll leave for new generations.

"Space-ship Earth" is hurtling through the void. Its passengers are anxious and fractious. Their life-support system is vulnerable to disruption and break- downs. But there is too little planning, too little horizon-scanning. Without a broader perspective – without realizing that we're all on this crowded world together – governments won't properly prioritise projects that are long-term in a political perspectives, even if a mere instant in the history of our planet.

Unlike our 17th century forebears who I cited at the beginning of this talk, we know a great deal about our world – and indeed about what lies beyond. Technologies that our ancestors couldn't have conceived enrich our lives and our understanding. Many phenomena still make us fearful, but the advance of science spares us from irrational dread. We know that we are stewards of a precious 'pale blue dot' in a vast cosmos – a planet with a future measured in billions of years, whose fate depends on humanity's collective actions.

We need a change in priorities and perspective – and soon – if we are to navigate the challenges of the 21st century: to share the benefits

Na rozdíl od našich předků ze 17. století, jež jsem citoval na začátku této přednášky, toho o našem světě víme hodně – a vlastně i o tom, co leží za jeho hranicemi. Naše životy a naše znalosti obohacují technologie, které si naši předkové nemohli ani představit. Mnohé jevy nás dosud naplňují bázní, pokrok vědy nás ale ušetří iracionálního děsu. Víme, že jsme správci drahocenné „bleděmodré tečky“ v nesmírném kosmu – planety s budoucností zvící miliard let, jejíž osud závisí na společných činech lidstva.

Potřebujeme změnu priorit a perspektiv – a to brzy – máme-li proplout úskalími 21. století: musíme sdílet užitek plynoucí z globalizace, upřednostnit čistou energii a udržitelné zemědělství a zvládnout prométheovskou výzvu, jíž představuje stále mocnější technika.

Budeme potřebovat idealistické a efektivní vzepětí sil přírodovědců, ekologů, sociologů a humanistů. Ti se musí řídit intuicí, kterou jim dá věda, inspirovat se ale musí hodnotami, jež věda sama o sobě dát nedokáže.

A poslední slovo dávám velkému vědci – biologu Peteru Medawarovi:

„Hrana, která zvoní lidstvu, jsou .... jako zvonce alpského skotu. Jsou přivázána k našim vlastním krkům a musí to být naše chyba, nevydávají-li libozvučný a melodický zvuk.“

of globalization, to prioritise clean energy, and sustainable agriculture; and to handle the Promethean challenge posed by ever more powerful technology.

We'll need the idealistic and effective efforts of natural scientists, environmentalists, social scientists and humanists. They must be guided by the insights that science will offer, but inspired by values that science itself can't provide.

And I give the last word to a great scientist – the biologist Peter Medawar:

"The bells that toll for mankind are .... like the bells of Alpine cattle. They are attached to our own necks, and it must be our fault if they do not make a tuneful and melodious sound."

Datová revoluce: Jak využít digitální příval

Geoffrey Boulton
Edinburská univerzita

VĚDECKÉ VÝZVY

Historická událost světového významu

Digitální revoluce uplynulých desetiletí je historická událost světového významu, která je stejně zásadní jako zavedení tiskařského lisu, je ale dalekosáhlejší. Zapříčinila nebývalý rozmach možností získávat, ukládat, zpracovávat a okamžitě přenášet ohromné objemy složitých dat – takzvaná „velká data".[1] Existuje „internet věcí", v němž jakékoli zařízení se zdrojem energie dokáže ze svého okolí sbírat data, jež mohou být čerpána a integrována do velkých dat, neboli „rozsáhlých dat", aby se ukázaly doposud netušené souvislosti. Díky přístupu k takovýmto datům se mění mnoho oblastí výzkumu. Integrace různorodých datových souborů včetně – a to je stěžejní – údajů z přírodních věd s daty ze společenských a humanitních věd je stále vyšší prioritou pro řešení mnoha globálních problémů. Ačkoli se tato revoluce dosud nezavršila, již vyvolala zásadní změny ekonomického a sociálního chování a má dalekosáhlé důsledky ve vědě, jelikož umožňuje nalézt ve zkoumaných jevech struktury, jež dosud ležely mimo naše obzory.

Veliké úspěchy vědy v uplynulých staletích spočívají především v pochopení poměrně jednoduchých systémů, které nejsou vzájemně propojeny. Moderní počítač dovolil výzkumným pracovníkům namodelovat dy-

1 Velká data jsou velká kvůli objemu, který dané systémy musejí vstřebat, zpracovat a šířit dál; kvůli své různorodosti a složitosti; a kvůli rychlosti obousměrného toku dat mezi systémy, které s nimi manipulují. Ve vědách zabývajících se Zemí a vesmírem, ve fyzice a genomice atd. jsou dnes běžné datové soubory o velikosti terabytů. Stejně vhodný je někdy i pojem rozsáhlá data a to zvláště tam, kde se slučují data z velice rozdílných zdrojů, jež často znamenají velké potíže, ale také příležitost pro analýzu a nové objevy. Vznikají sémantické techniky, které ke slovům a obrázkům přiřazují doplňkové informace, aby mohl software pochopit jejich smysl. Sémantické vyhledávání propojuje podobné pojmy, čímž stávající síť dokumentů pro lidské uživatele přetváří v síť dat, kterou dokáže využívat a analyzovat software a dát jí tak hlubší smysl.

The Data Revolution: Exploiting the Digital Deluge

Geoffrey Boulton
University of Edinburgh

THE SCIENTIFIC CHALLENGES

A world-historical event

The digital revolution of recent decades is a world historical event as profound and more pervasive than the introduction of the printing press. It has created an unprecedented explosion in the human capacity to acquire, store, manipulate and instantaneously transmit vast and complex data volumes – so called "big data".[1]

There is an "internet of things", where any device with a power source is able to collect data from its environment that can be harvested and integrated as big data, or "broad data", to demonstrate hitherto unsuspected relationships. Many areas of research are being transformed by the access to such data. The integration of diverse data sets including, crucially, natural science with social and human science data, is an increasingly important priority for many global challenges. Although this revolution has not yet run its course, it has already produced fundamental changes in economic and social behaviour and has profound implications for science, permitting patterns in phenomena to be identified that have hitherto lain beyond our horizon.

1 **Big data** are big because of the volume that systems must ingest, process and disseminate; because of their diversity and complexity; and because of the rate at which data streams in or out of the systems that handle them. Terabyte-sized data sets are now common in Earth and space sciences, physics and genomics etc. The term **broad data** is sometimes equally appropriate, particularly where data from highly diverse sources is integrated, and which often pose the great difficulties and opportunities for analysis and discovery. **Semantic technologies** are developing in which words and images are given supplementary information so that software can understand their meaning. Semantic search links similar ideas together, thereby turning the current web of documents for human users into a web of data that software can use and analyse as a basis for deeper meaning.

namické chování složitých systémů. Rozbor velkých dat jim nyní umožňuje popsat komplexitu dopodrobna. Propojení těchto dvou přístupů k uchopení komplexity může potenciálně otevřít novou éru vědeckého chápání složitosti, která stojí v pozadí mnoha závažných problémů, jež v současnosti znepokojují lidstvo: „globální výzvy" jako třeba infekční choroby, vyčerpávání zásob energie, četné aspekty sociálního chování, změna přírodního prostředí a působení globální ekonomiky jsou vysoce vzájemně propojené systémy, jež jsou ze své podstaty složité a leží mimo dosah redukcionistických postupů, které přesto zůstávají mocným nástrojem arzenálu vědy.

Základním nástrojem při stanovování souvislostí mezi daty je již dlouhou dobu poměrně jednoduchá klasická statistika vycházející z regrese. Mnohé ze složitých vztahů, které se nyní snažíme vypozorovat pomocí velkých čili rozsáhlých dat, jsou hluboko pod rozlišovací schopností těchto metod a naše rozbory a znalosti musí udělat ještě velký pokrok, má-li být zaručeno, že závěry odvozené z velkých dat budou platné. Datově náročná strojová analýza a strojové učení začínají být všudypřítomné a v mnoha oblastech nabízejí možnost lepšího rozhodování vycházejícího z prokázaných fakt. Nastolují ale též zásadní otázky ohledně možného odtržení strojové analýzy od lidského poznání a toho, co to znamená být výzkumným pracovníkem v epoše náročné na data.

JAK NA TUTO VÝZVU REAGOVAT: IMPERATIV OTEVŘENÝCH DAT

Jak si zachovat „autokorekci"

Otevřenost je základem, na němž stojí pokrok vědy v moderní době. Dovoluje přezkoumávat logiku propojující důkazy (data) a tvrzení z nich odvozená a testovat opakovatelnost pozorování či pokusů, čímž tato tvrzení podpoří, nebo vyvrátí – jde o princip, jenž bývá označován za „autokorekci". Velká data a věda, která s nimi intenzivně pracuje, tento zásadní princip zpochybňují obrovskou náročností zpřístupnění dat v podobě, která by je umožnila snadno a pečlivě přezkoumat. Velká data existují, jen zřídkakdy jsou ale přístupná přiměřené kontrole. Otevřená data jsou klíčovou prioritou současnosti, máme-li zachovat integritu a důvěryhodnost vědy a její využitelnost coby spolehlivého prostředku k získávání znalostí.

The great achievements of science in recent centuries lie primarily in understanding relatively simple, uncoupled systems. The modern computer has permitted researchers to simulate the dynamic behaviour of complex systems. The analysis of big data permits them now to describe complexity in great detail. Coupling these two approaches to the understanding of complexity has the potential to usher in a new era of scientific understanding of the complexity that underlies many of the major issues of current human concern: "Global challenges" such as infectious disease, energy depletion, numerous aspects of social behaviour, environmental change and the operation of the global economy are highly coupled systems, inherently complex, and beyond the reach of the reductionist approaches that nonetheless remain powerful tools in the armoury of science.

Relatively simple, regression-based, classical statistics have long been the basic tools for establishing relationships in data. Many of the complex relationships that we now seek to capture through big- or broad-data lie far beyond the resolving power of these methods, and there is a major step of analysis and learning to be done to ensure that inferences drawn from big data are valid. Data-intensive machine-analysis and machine-learning are becoming ubiquitous, creating the possibility of improved evidence-informed decision making in many fields. But they also poses profound questions about the potential disconnect between machine analysis and human cognition, and what it means to be a researcher in a data-intensive age.

RESPONDING TO THE CHALLENGE: THE OPEN DATA IMPERATIVE

Maintaining "self-correction"

Openness has been the bedrock on which the progress of science in the modern era has been based. It has permitted the logic connecting evidence (the data) and the claims derived from it to be scrutinised, and the replicability of observations or experiments to be tested, thereby supporting or invalidating those claims – a principle that has been termed "self-correction". Big data, and data intensive science, challenge this vital principle through the shear complexity of making data available in a form

Je tudíž zásadní, aby data, která přinesla důkazy uveřejněných tvrzení, související metadata, jež dovolují jejich opětovný rozbor, a kódy použité při nevyhnutelné počítačové manipulaci se složitými datovými soubory byly souběžně zpřístupněny pečlivé kontrole, máme-li tento životně důležitý samoopravný proces zachovat. Je odpovědností nejen výzkumných pracovníků, ale též vědeckých nakladatelství zajistit, aby data (včetně metadat), na nichž je založeno nějaké uveřejněné vědecké tvrzení, byla současně uvolněna k přezkoumání. Jiný postup by měl být považován za vědecké pochybení.

DEFINICE OTEVŘENÝCH DAT

Prosté zpřístupnění dat nestačí. Data musí být „**otevřená inteligentně**",[2] což znamená, že je lze důkladně prošetřit a znovu rigorózně použít. Měla by být splněna následující kritéria. Data musí být **nalezitelná** – vyhledáním na internetu lze okamžitě odhalit, že existují; **přístupná** – data lze elektronicky importovat do počítače; **srozumitelná** – musí existovat dostatek doplňujících informací, aby byl jasný význam dat pro konkrétní zkoumanou problematiku; **zhodnotitelná** – uživatelé musejí být schopni posoudit otázky, jako je způsobilost původců dat nebo to, nakolik by mohli mít finanční zájem na konkrétním výsledku; **použitelná** – musí existovat přiměřená metadata (údaje o datech, díky nimž jsou tato data použitelná), což může stále častěji vyžadovat zpřístupnění kódu, který byl využit k vytvoření odvozených dat, a někdy i charakteristik daného počítače.

Hranice otevřenosti

Otevřená data by měla být standardním postupem u veřejně financovaných výzkumných dat. Ne všechna data však mohou být zpřístupněna všem lidem za všech okolností. Existují oprávněné výjimky z otevřenosti v otázkách soukromí osob, bezpečnosti a zabezpečení a opodstatněného obchodního tajemství. Tyto kategorie by ale neměly být používány k paušálnímu odůvodňování výjimek, jež by naopak měly být uplatňovány případ od pří-

2 Science as an Open Enterprise. 2012. The Royal Society Policy Centre Report, 02/12. https://royalsociety.org/topics.../**science**...**enterprise**/report/

that is readily subject to rigorous scrutiny. Big data exists; but it is rarely adequately open to scrutiny. Open data is a vital current priority if the integrity and credibility of science and its utility as a reliable means of acquiring knowledge are to be maintained.

It is therefore essential that data that provide the evidence for published claims, the related metadata that permit their re-analysis and the codes used in essential computer manipulation of complex datasets, are made concurrently open to scrutiny if the vital process of self-correction is to be maintained. The onus not only lies on researchers but also on scientific publishers to ensure that the data (including the meta-data) on which a published scientific claim is based is concurrently available for scrutiny. To do otherwise should be regarded as scientific malpractice.

THE DEFINITION OF OPEN DATA

Simply making data accessible is not enough. It must be "**intelligently open**",[2] meaning that it can be thoroughly scrutinised and rigorously re-used. The following criteria should be satisfied. Data must be ***discoverable*** - a web search can readily reveal its existence; ***accessible*** – the data can be electronically imported into a computer; ***intelligible*** – there must be enough background information to make clear the relevance of the data to the specific issue under investigation; ***assessable*** – users must be able to assess issues such as the competence of the data producers or the extent to which they may have a pecuniary interest in a particular outcome; ***usable*** – there must be adequate metadata (the data about data that makes the data useable), which may, increasingly, require the code used to create derived data, and sometimes the characteristics of the computer, to be made accessible.

Boundaries of openness

Open data should be the default position for publicly funded research data. However, not all data can be made available to all people in all

2 Science as an Open Enterprise. 2012. The Royal Society Policy Centre Report, 02/12. https://royalsociety.org/topics.../**science**...**enterprise**/report/

padu, přičemž by bylo na navrhovateli, aby prokázal konkrétní důvod výjimky ze standardu.

Jak změnit společenskou dynamiku

Tvořivé a plodné využití této revoluce umožněné vývojem technologií bude také záviset na změnách sociální dynamiky vědy, což obnáší nejen ochotu sdílet a zveřejňovat data, aby je mohli znovu použít i ostatní a to i pro jiné účely, ale i uznání odpovědnosti tak učinit.

Ačkoli věda je mezinárodní aktivitou, odehrává se převážně v rámci státních systémů, jež jsou organizovány, financovány a motivovány národními kulturními zvyky a prioritami. Otevřená data v éře náročné na data mohou být skutečně efektivní pouze tehdy, pokud zde budou systémová opatření na národní i mezinárodní úrovni. Na národní úrovni je zapotřebí, aby vláda uznala hodnotu, již stát získá z otevřených dat, dále aby ti, kdo rozhodují o vědecké politice, zavedli motivaci vedoucí k otevřenosti na univerzitách a v ústavech, potom aby tyto instituce podporovaly a od svých výzkumných pracovníků vyžadovaly procesy založené na otevřených datech a konečně aby učené společnosti, které formulují priority a postupy ve svých oborech, hájily otevřená data jako důležitou prioritu.

Odpovědnost spočívá i na mezinárodních orgánech, jako je Výbor pro data ve vědě a technologii (CODATA) a Světový datový systém (WDS) spadající pod Mezinárodní radu pro vědu (ICSU) a Aliance pro data ve výzkumu (RDA), které musí propagovat a podporovat vývoj systémů a postupů, které zaručí mezinárodní přístup k datům, interoperabilitu a udržitelnost bez ohledu na vnitrostátní procedury. Při zjišťování, kde je potřeba změna, je důležité rozlišovat mezi těmi zvyklostmi, které vznikly, protože byly dobře přizpůsobeny nějaké tehdejší technologii, které ale nyní mohou být neslučitelné s uplatněním výhod nějaké nové technologie, a těmi zvyklostmi, které odrážejí zásadní, na technologii nezávislé priority a hodnoty.

Argument pro státní politiku otevřených dat spočívá v podchycení hodnoty otevřených dat[3] ve prospěch státu a v zajištění rigoróznosti místní vědy a účinné mezinárodní vědecké spolupráce v době oplývající daty. Mnoho státních systémů podpory vědy – zvlášť ty, které jsou dobře finan-

3 Ekonomická hodnota otevřených dat byla odhadnuta na 3-5 bilionů dolarů za rok v rámci sedmi komerčních sektorů. McKinsey Global Institute: Open Data, 2013 (www.mckinsey.com/.../open_data_unlocking_innovation_and_performance).

circumstances. There are legitimate exceptions to openness on matters of personal privacy, safety and security and legitimate commercial confidentiality. These categories should not however be used as the basis for blanket exceptions, which should be applied on a case by case basis, with the onus on a proponent to demonstrate a specific reason for an exception to the default.

Changing the social dynamic

Creative and productive exploitation of this technologically-enabled revolution will also depend upon changes in the social dynamics of science, involving not only a willingness to share and to release data for re-use and re-purposing by others but the recognition of a responsibility to do so.

Although science is an international enterprise, it is largely done within national systems that are organised, funded and motivated by national cultural habits and priorities. Effective open data in a data intensive age can only be realised if there is systemic action at national and international levels. At national level it there is need for government to recognise the national value to be gained from open data, for science policy makers to set incentives for openness from universities and institutes, for these institutions to support and require open data processes by their researchers and for the learned societies that articulate the priorities and practices of their disciplines to advocate open data as an important priority.

Responsibilities also fall on international bodies, such as the International Council for Science's (ICSU) Committee on Data for Science and Technology (CODATA) and World Data System (WDS), and the Research Data Alliance (RDA), to promote and support developments of the systems and behaviours that will ensure international data access, interoperability and sustainability, irrespective of national procedures. In establishing where change is required, it is important to distinguish between those habits that have arisen because they were well adapted to a passing technology but which may now be inimical to realisation of the benefits of a new one, and those habits that reflect essential, technology-independent priorities and values.

covány – se v reakci na tyto možnosti rychle přizpůsobuje. Je však zcela zásadní, aby se přizpůsobily i systémy podpory vědy v zemích s nízkými a středními příjmy a aby kvůli nepoměru ve financování nevznikla „vědomostní propast“. Zvlášť důležité je, aby takováto propast nevznikla v souvislosti s globálními problémy, kdy globálních řešení – téměř nevyhnutelně vycházejících z datově náročné vědy – lze dosáhnout pouze tehdy, pokud je globální i účast. Aby odvrátila potenciální nebezpečí takovéto vědomostní propasti, diskutuje organizace Science International možnost spuštění rozsáhlého testu budování kapacit pro práci s otevřenými daty o velkém objemu pro země s nízkými a středními příjmy a začíná s programem pro Afriku.

OTEVŘENÁ VĚDA

Současný posun směrem k „otevřené vědě“ odráží dynamiku, v jejímž rámci se vědecká praxe stále více vynořuje zpoza zavřených dveří laboratoří, aby se široce angažovala jakožto nezbytná veřejná aktivita v době, kdy jsou spolehlivé vědomosti a jejich efektivní šíření zcela zásadní, máme-li dosáhnout globální udržitelnosti a rovnosti. Otevřená data jsou nepostradatelnou součástí tohoto procesu. V době poklesu respektu a všudypřítomné komunikace již nepostačuje oznamovat vědecké závěry v záležitostech týkajících se veřejného zájmu a obav bez poskytnutí údajů (dat), které je dokládají a které tudíž mohou být předmětem intenzivního a rigorózního zkoumání. Rozšiřování občanské vědy, do níž je zapojeno mnoho lidí účastnících se seriózních výzkumných programů bez formálního vědeckého vzdělání, nahlodává hranici mezi profesionálními a amatérskými vědci. Zřejmý nárůst případů podvodného jednání, jež často obnáší smyšlená data či pochybnou manipulaci s nimi, sebou nese riziko, že podryje důvěru veřejnosti ve vědu, pro niž musí být otevřenost vůči přezkumu důležitou součástí nutných nápravných opatření.

Veřejné poznatky či soukromé poznatky?

Otevřené vědecké znalosti jsou všeobecně považovány za veřejný statek a absolutní základ lidského úsudku, inovací a blahobytu společnosti. Jejich produktivnost názorně dokládá poznámka připisovaná dramatikovi Geor-

The rationale for a national open data policy lies in ensuring the rigour of its national science, in capturing the value of open data[3] for national benefit and as an efficient collaborator in international science in a data-rich era. Many national science systems, particularly those that are well-funded, are adapting rapidly in response to these opportunities. It is vital however that science systems in low- and middle-income countries also adapt, and that a "knowledge divide" does not develop because of disparities of funding. It is particularly important that such a divide does not develop in relation to global challenges, where global solutions, almost inevitably based on data-intensive science, will only be achieved if there is global participation. In order to avert the potential of such a knowledge divide, Science International is discussing the possibility of launching a major big data/open data capacity building exercise for low- and middle-income countries, starting with an Africa programme.

OPEN SCIENCE

Current moves towards "Open Science" reflect a dynamic in which scientific practice is emerging more and more from behind closed laboratory doors to engage widely as a necessary public enterprise in an era when reliable knowledge and its effective communication are vital if global sustainability and equity are to be achieved. Open data is an essential part of that process. In an era of diminished deference and ubiquitous communication it is no longer adequate to announce scientific conclusions on matters of public interest and concern without providing the evidence (the data) that supports them, and which can therefore be subject to intense and rigorous scrutiny. The growth of citizen science, which involves many participants without formal science training in serious research programmes, is eroding the boundary between professional and amateur scientists. The apparent increase in fraudulent behaviour, much of which includes invention or spurious manipulation of data, risks

3 The economic value of open data has been estimated as $3-5 trillion per annum across seven commercial sectors. McKinsey Global Institute: Open Data, 2013 (www.mckinsey.com/.../open_data_unlocking_innovation_and_performance).

gi Bernardu Shawovi: „*Máte-li jablko a mám-li i já jablko a tato jablka si vyměníme, potom vy i já budeme mít stále po jednom jablku. Máte-li ale nějaký nápad a já mám nějaký nápad a tyto nápady si vyměníme, potom budeme mít oba po dvou nápadech.*“ Digitální technologie nám poskytují mocné médium, pomocí nějž lze takovéhoto znásobení výkonu a tvořivosti dosáhnout rychlou výměnou a rozvojem myšlenek na základě interakce mnoha názorů.

Mnoho vlád dnes uznává potenciální význam otevřenosti dat, která mají ve svém držení, s cílem posílit finanční zisk opětovným kreativním využitím veřejných zdrojů ke komerčním účelům, dosáhnout konkrétních cílů veřejné politiky, zvýšit zodpovědnost státní správy nebo být vnímavější k potřebám občanů. Přístup k takovýmto údajům může mít též značnou vědeckou hodnotu, zvlášť v sociálních vědách při vyhodnocování společenských a ekonomických trendů a v lékařských vědách při posuzování optimálních zdravotnických strategií na základě záznamů o zdravotním stavu populace. Je třeba se postarat o to, abychom se vyhnuli privatizaci veřejných zdrojů či naopak neřízenému a neodsouhlasenému přístupu k osobním informacím. Dnes existují mezivládní iniciativy, které mají otevřenost prosazovat, například Partnerství pro otevřené vládnutí, které dnes zahrnuje 66 účastnických zemí po celém světě, Charta otevřených dat skupiny zemí G8 a zpráva pro generálního tajemníka OSN od nezávislé poradní skupiny o datové revoluci pro udržitelný rozvoj.

Je však důležité si uvědomit, že existuje i protichůdný trend obchodních modelů založených na zachycení a privatizaci poznatků vyprodukovaných celou společností a to prostřednictvím monopolů a ochrany dat. Je v rozporu s étosem vědeckého bádání a základní potřebou lidstva svobodně využívat myšlenky. Nemá-li vědecké snažení pod takovýmito tlaky ztroskotat, je ze strany vědecké komunity zapotřebí asertivně se věnovat otevřeným datům, otevřeným informacím a otevřenému vědění.

undermining public trust in science, for which openness to scrutiny must be an important part of the necessary corrective action.

Public Knowledge or Private Knowledge?

Open scientific knowledge has generally been regarded as a public good and a fundamental basis for human judgement, innovation and the well-being of society. Its productivity is illustrated by a comment attributed to the playwright George Bernard Shaw: *"if you have an apple and I have an apple and we exchange these apples, then you and I will still each have one apple. But if you have an idea and I have an idea and we exchange these ideas, then each of us will have two ideas"*. Digital technologies provide a powerful medium through which such multiplication of productivity and creativity can be achieved through rapid interchange and development of ideas by the interaction of many minds.

Many governments now recognise the potential power of being open with their own data holdings in order to enhance financial gain through creative commercial re-use of a public resource, to achieve specific public policy objectives, to increase government accountability or to be more responsive to citizens' needs. Access to such data can also be of considerable scientific value, particularly in the social sciences in evaluating social and economic trends and in medical sciences in evaluating optimal public health strategies from population health records. Care needs to be taken to avoid privatisation of a public resource or uncontrolled and unconsented access to personal information. There are now inter-governmental initiatives to promote openness, such as the *Open Government Partnership*, which now involves 66 participating countries worldwide, the *G8 Open Data Charter* and the report to the UN Secretary- General from his Independent Advisory Group on *the Data Revolution for Sustainable Development.*

It is however important to recognise that there is a countervailing trend, of business models built on the capture and privatisation of socially produced knowledge through the monopoly and protection of data. It is at odds with the ethos of scientific inquiry and the basic need of humanity to use ideas freely. If the scientific enterprise is not to founder under such pressures, an assertive commitment to open data, open information and open knowledge is required from the scientific community.

Energie pro vesnice mimo síť: iniciativa Chytré vesnice

Terry van Gevelt[a], **John Holmes**[b], **Max Marcheselli**[c],
Tayyab Safdar[a], **Michael Price**[d] a **Brian Heap**[a]
[a]Centre of Development Studies, University of Cambridge,
2nd Floor, Alison Richard Building,
7 West Road, Cambridge CB3 9DT a [b]Department of Earth Sciences,
University of Oxford, South Parks Road, Oxford OX1 3AN ,
[c]Cambridge Malaysian Education a Development Trust, c/o Trinity
College, Cambridge CB2 1TQ, [d]Kapitza Building, Cavendish Laboratory,
JJ Thompson Avenue, Cambridge CB3 0HE.

SHRNUTÍ

Výchozí premisou chytrých vesnic je to, že moderní způsob získávání energie může sloužit jako katalyzátor rozvoje venkovských komunit nenapojených na síť a to v několika klíčových sektorech, jako jsou zdraví, vzdělávání, zajištění potravin, produktivní podnikání, čistá voda a hygiena, ekologická udržitelnost a participační demokracie. To zase naopak přispívá k dalšímu zdokonalování moderních způsobů získávání energie a zajišťuje udržitelné dodávky elektřiny, které pokryjí potřeby vesnic, jako je dostupnost čistých a účinných kuchyňských spotřebičů a komunikačních systémů pro výuku a vzdělávání podle nejlepších standardů. Některé vesnice v rozvojových zemích již vykazují rysy odpovídající tomuto holistickému konceptu a některé vlády zahájily kroky, jež jsou s tímto cílem víceméně v souladu. Záměrem tohoto projektu tedy je šířit mezi politickými činiteli a lidmi s rozhodovací pravomocí jak v rozvinutých, tak v rozvojových zemích tyto argumenty o rozšiřujících se možnostech a obtížných úkolech, které vyvstaly v důsledku rozvoje obnovitelných technologií, a vyjasnit rámcové podmínky, které umožní venkovským komunitám přístup k energii, což urychlí jejich další rozvoj.

Energy for off-grid villages: the Smart Villages Initiative

Terry van Gevelt[a], **John Holmes**[b], **Max Marcheselli**[c], **Tayyab Safdar**[a], **Michael Price**[d], and **Brian Heap**[a]

[a]Centre of Development Studies, University of Cambridge, 2nd Floor, Alison Richard Building, 7 West Road, Cambridge CB3 9DT and [b] Department of Earth Sciences, University of Oxford, South Parks Road, Oxford OX1 3AN , [c] Cambridge Malaysian Education and Development Trust, c/o Trinity College, Cambridge CB2 1TQ, [d] Kapitza Building, Cavendish Laboratory, JJ Thompson Avenue, Cambridge CB3 0HE.

SUMMARY

The central premise of smart villages is that modern energy access can act as a catalyst for development in off-grid rural communities in several key sectors such as health, education, food security, productive enterprise, clean water and sanitation, environmental sustainability, and participatory democracy. This in turn supports further improvements in modern energy access, ensuring sustainable electricity supplies to meet village needs such as the availability of clean and efficient appliances for cooking and communication systems for teaching and instruction in best practice. Some villages in developing countries already demonstrate features consistent with this holistic concept and some governments have initiatives with characteristics broadly consistent with this goal. The aim of this project, therefore, is to advance the argument for policy makers and decision takers in developed as well as developing countries of the growing opportunities and challenges that exist as a result of the progress in renewable technologies, and to clarify the framework conditions that will enable energy access for rural communities to catalyse their development.

ÚVOD

Hodně se mluví o „chytrých městech" jakožto motorech hospodářského růstu a zdroji vize budoucnosti pro městské komunity. Méně pozornosti se věnuje ucelené vizi pro venkovské komunity v 21. století; 47 % světové populace a 70 % chudých obyvatel světa ale žije ve venkovských oblastech[1]. Kolem 1,3 miliardy lidí (okolo 20 % světové populace) nemá přístup k elektřině; většina z nich žije na venkově a všichni jsou chudí[2]. Ústřední tezí tohoto článku tudíž je, že je zapotřebí venkovská obdoba chytrých měst – *chytré vesnice* – koncept, který dokáže vystihnout venkovské ambice a možnosti a být motivací a integračním mechanizmem pro rozvojové iniciativy. Dokud takováto venkovská společenství nemají přístup k moderním energetickým službám, lze v rozvoji jejich hospodářství a zlepšení jejich života jen stěží postoupit dál.

Pojem energetické chudoby lze doložit přinejmenším do 19. století, kdy Herbert Spencer[3] vyslovil hypotézu, že základem rozvoje je schopnost společnosti ovládnout energii. Osoby žijící v energetické chudobě lze definovat jako…

…ty, kteří žijí z příjmu nižšího než 1,15 dolaru na den a nemají přístup ke spolehlivé, bezpečné a účinné energii pro vaření, osvětlení, vytápění a mechanický pohon… [a] jsou závislí na škodlivé energii, jako je biomasa spalovaná kvůli vaření a vytápění[4].

Navzdory tomuto dávnému poznatku a konzervativnímu odhadu, že na světě dnes v energetické chudobě žije mezi 1,5 až 3 miliardami osob, se energetické chudobě dostávalo až donedávna méně pozornosti ze strany odborníků na energii i politických činitelů[5, 6, 7, 8]. V minulých letech se pojem energetické chudoby znovu vynořil a zaujal přední místo v diskuzích o mezinárodní i státní veřejné politice[9]. Nepříznivý dopad energetické chudoby je nejtvrdší mezi venkovskými komunitami a je načase uvážit, jak může zvrácení této situace rozvíjením konceptu *chytré vesnice* ovlivnit mnoha přímými i nepřímými cestami zdraví, vzdělání, hospodářskou činnost, produktivitu a kvalitu života vesničanů.

Iniciativa Chytré vesnice (www.e4sv.org) byla založena, aby určila a propagovala rámcové podmínky, jež umožní venkovským komunitám přístup k energii, která urychlí jejich rozvoj. Cílem Iniciativy je ukázat politickým činitelům, dárcům a rozvojovým agenturám zabývajícím se přístu-

INTRODUCTION

Much has been made of 'smart cities' as engines for economic growth and providing a vision of the future for urban communities. Rather less attention has been given to an integrated vision for rural communities in the 21st Century; but 47% of the world's population, and 70% of the world's poor, live in rural areas[1]. About 1.3 billion people (around 20% of the world's population) do not have access to electricity; most of them live in the countryside and all of them are poor[2]. Hence, the central proposition of this paper is that a rural analogue to smart cities is needed – *smart villages* – a concept which can encapsulate rural aspirations and opportunities, and provide motivation and an integrating mechanism for development initiatives. Until such rural communities have access to modern energy services, little progress can be made to develop their economies and improve their lives.

The concept of energy poverty can be traced back at least to the 19th century when Herbert Spencer[3] hypothesized that a society's ability to harness energy was the basis of development. The energy poor can be defined as...

…people who live on less than $1.15 per day and have no access to reliable, safe, and efficient energy for cooking, lighting, space heating and mechanical power…[and] who rely upon harmful energy like biomass-generated fire for their cooking and heating[4].

Despite this early insight and a conservative estimate of between 1.5 to 3 billion individuals in the world today being energy poor, energy poverty has until recently received rather little attention from both energy experts and policy makers[5, 6, 7, 8]. In recent years, the concept of energy poverty has reemerged and taken its place at the forefront of international and national public policy discussions[9]. The negative impact of energy poverty is most severe among rural communities and it is timely to consider how its reversal through the development of a *smart village* concept can affect the health, education, economic activity, productivity, and quality of life of villagers in numerous direct and indirect ways.

The Smart Villages Initiative (www.e4sv.org) has been established to identify and communicate the framework conditions that enables energy access for rural communities to catalyse their development. The Initiative pem venkova k energii nový pohled na skutečné překážky – technické, finanční a politické – bránící vesnicím v rozvojových zemích v přístupu k energii a na to, jak je lze překonat.

Chytré vesnice – koncepce

Ústředním východiskem představy chytrých vesnic je to, že za předpokladu uceleného přístupu k rozvoji vesnic a splnění odpovídajících podmínek (včetně přístupu k příslušným technologiím, dostatečných technických kapacit a služeb, podpory regulatorního a politického prostředí a dostupných financí) mohou venkovské komunity své podnikatelské kapacity zapojit a rozvíjet tak, aby vesnicím zajistily moderní energetické služby[10]. Moderní přístup k energii může posloužit jako katalyzátor rozvoje – jde o vzdělávání, zdraví, zajištění potravin, produktivní podnikání, čistou vodu a hygienu, ekologickou udržitelnost a participační demokracii. To zase naopak podporuje další zdokonalování moderního přístupu k energiím a zajišťuje udržitelné dodávky elektřiny, které pokryjí potřeby vesnic, a dostupnost čistých a účinných kuchyňských spotřebičů.

Obyvatelé takovýchto komunit by tudíž postupně dokázali vést zdravý život, který by je víc naplňoval, rozvinuli by svůj růstový potenciál, vydělali by si na rozumné živobytí a byli by ve spojení se širším okolím. V důsledku toho by vesničané měli skutečně na výběr mezi životem ve městě, nebo v chytré vesnici. Mohli by získat mnohé z výhod městského života a zároveň by si uchovali ceněné aspekty venkovského života a zajišťovali by tak vyvážený rozvoj na úrovni celého státu.

Mezi klíčové rysy předpokládané u chytrých vesnic patří propojení s malými i velkými městy a to jak fyzickou infrastrukturou, tak prostřednictvím informační a komunikační technologie (IKT), která je k dispozici díky přístupu k energii. IKT může zlepšit vzdělávání a zdravotní služby, protože zajistí přístup k vědomostem z celého světa, otevře možnosti dálkového studia a umožní nasazení telemedicíny. Může zlepšit vyhlídky stávajících venkovských podniků a přinést nové možnosti zajištění příjmu a zaměstnání tím, že umožní přístup na trhy a zpřístupní informace o nich. Navíc může IKT potenciálně umožnit účast na správních procesech na místní, regionální i celostátní úrovni.

Díky zemědělské a místní průmyslové produkci o vysoké přidané hodnotě určené na vývoz na domácí i mezinárodní trhy a také díky zboží aims to provide policy makers, donors and development agencies concerned with rural energy access with new insights into the real barriers to energy access in villages in developing countries – technological, financial and political – and how they can be overcome.

Smart Villages – the concept

The central premise of the smart villages concept is that given the appropriate enabling conditions (including access to appropriate technologies, sufficient technical capacities and services, supportive regulatory/policy frameworks, and affordable finance) and an integrated approach to development, rural communities can harness and develop entrepreneurial capacities to provide modern energy services[10]. Modern energy access can act as a catalyst for development – education, health, food security, productive enterprise, clean water and sanitation, environmental sustainability and participatory democracy. This in turn supports further improvements in modern energy access, ensuring sustainable electricity supplies to meet village needs and the availability of clean and efficient appliances for cooking.

Progressively, residents of such communities would consequently be able to lead healthy and more fulfilling lives, achieve their development potential, earn a viable living, and be connected to the wider world. As a result, villagers would be given a real choice between life in a city or a smart village. They could capture many of the benefits of urban living while retaining valued aspects of rural life, and ensuring balanced development at the national level.

Among the key characteristics envisaged in smart villages are connections to towns and cities both through physical infrastructure and through information and communications technologies (ICT) enabled by energy access. ICT can enhance education and health services, providing access to the world's knowledge base and opportunities for distance learning, and enabling the deployment of tele-medicine initiatives. It can enhance the prospects of existing rural enterprises and bring new opportunities for income generation and employment through enabling access to markets and market information. Furthermore, ICT has the potential to enable participation in governance processes at local, regional and national level.

a službám pro místní venkovský trh mohou být chytré vesnice doplňkem chytrých měst coby motor hospodářského růstu. Navíc se mohou chytré vesnice stát správci životního prostředí, jež zajistí, že rozvoje dosáhnou způsobem, který bude udržitelný s ohledem na dopad na místní životní prostředí.

Výkonné podniky a zařízení s vyššími nároky na energii budou muset být umístěny do střediskových obcí, kde je bude zásobovat celostátní síť, pokud je dostatečně blízko, nebo v případě mnoha odlehlých komunit to budou místní minisítě, které jsou poháněny obnovitelnými zdroji energie – v některých případech ve smíšené podobě s naftovými generátory. Roztýlenější komunity kolem střediskových obcí budou typicky využívat domácí solární systémy, které jim zajistí dodávku elektřiny na základnější úrovni, dokud k nim nebude možné rozšířit rozvodné sítě[10]. Následující oddíly dále rozvádějí některé z klíčových rysů předpokládaných u chytrých vesnic. Vytyčují ctižádostivou vizi chytrých vesnic, jejímž smyslem je podnítit diskuzi a povzbudit ambice. Jisté vesnice v rozvojových zemích již vykazují některé z nastíněných rysů, ačkoli jen málokterá z nich – pokud vůbec nějaká – dosáhla všech. Některé vlády již zahájily kroky, které mají rozvíjet chytré vesnice, jež budou zhruba v souladu s těmi vlastnostmi, které jsou nastíněny zde. V Indii například v říjnu 2014 spustil předseda vlády Nárendra Módí Program vzorových parlamentních vesnic (Saansad Adarsh Gram Yojana), v jehož rámci je každý člen parlamentu pověřen, aby adoptoval tři venkovské obce a zajistil, aby se tyto vesnice do roku 2019 přeměnily na „chytré vesnice“. Tento program přejímá holistickou představu rozvoje, v níž je každá vesnice napojena na internet a všechny domácnosti mají přístup k čisté vodě, hygienickým prostředkům a energii s nízkou uhlíkovou stopou[11].

1. Zdravotní stav

Energetická chudoba má velmi reálný a významný nepříznivý dopad na zdraví mnoha vesničanů. Procesy, díky nimž může energetická chudoba ovlivňovat zdraví, jsou různorodé. Na nejzákladnější úrovni může energetická chudoba způsobit, že pro domácnosti bude obtížné získat přístup k pitné vodě a výživné stravě kvůli nákladům na převaření vody a přípravu jídla[12, 13, 14, 15]. Při vaření jídla navíc mívá typická technika energetické chudiny – kam patří petrolejové kahany a tradiční kuchyňská kamna – za ná-

By producing high-value added agricultural and rural industry products for export to national and international markets as well as goods and services for local rural markets, smart villages can complement smart cities as engines of economic growth. Moreover, smart villages can become stewards for the environment, ensuring that their development is achieved sustainably in respect of impacts on local environments.

Productive enterprises and facilities with higher demands for power will need to be located in hub villages, supplied by the national grid if sufficiently close, or for the many remote communities, by local mini-grids driven by renewable energy sources, in some cases in hybrid forms with diesel generators. The more dispersed communities around the hub villages will typically use solar home based systems to provide more basic levels of electricity supply until distribution networks can be extended to them[10].

The following sections elaborate on some of the key features envisaged for smart villages. They set out an ambitious vision for smart villages, intended to stimulate discussion and to stretch aspirations. Certain villages in developing countries already demonstrate some of the outlined features, though few, if any, have yet to achieve all of them. Some governments already have initiatives to develop smart villages with characteristics broadly consistent with those outlined here. For example, in India Prime Minister Modi launched Saansad Adarsh Gram Yojana (Parliamentarian's Model Village Scheme) in October 2014 in which each Parliamentarian is mandated to adopt three rural villages and ensure that these villages are transformed into 'Smart Villages' by 2019. The scheme takes a holistic vision of development in which each village is connected to the internet and where all households have access to clean water, sanitation and low-carbon energy[11].

1. Health

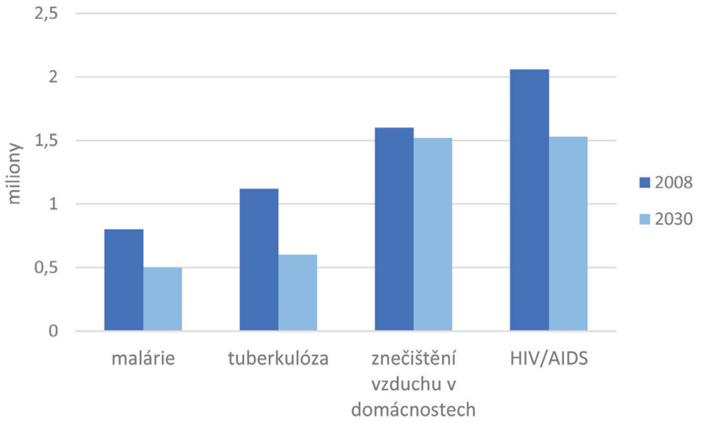
Energy poverty has a very real and significant negative impact on the health of many villagers. The channels through which energy poverty affects health are varied. At the most basic level, energy poverty may make it difficult for households to access potable water and a nutritious diet due to the cost of boiling water and cooking food [12, 13, 14, 15]. Furthermore, when food is cooked, the energy poor's typical technologies, which include kerosene lamps and traditional cook stoves, tend to result in extremely harmful insledek nesmírně škodlivé znečištění domácího prostředí, které má na svědomí vysoký výskyt respiračních onemocnění zvláště u žen a dětí[16] (tabulka 1). Sběr biomasy – jehož se obvykle ujímají ženy a děti – navíc vede k poměrně vysoké incidenci tělesných zranění[5, 16, 17].

Tabulka 1: Zdravotní výsledky z vesnice mimo síť v oblasti Binana v Západní provincii ve Rwandě[18].

Doba nemoci ve dnech*	Doba vážné nemoci ve dnech**	Podíl domácností pijících neupravenou vodu	Podíl domácnosti uvádějících nepříznivý zdravotní dopad petroleje nebo topiva na vaření
11,628	8,027	40,12 %	42,2 %

* Počet dní během průměrného měsíce, kdy byl alespoň jeden člen domácnosti nemocný, vážený celkovým počtem nemocných členů domácnosti.
** Počet dní během průměrného měsíce, kdy byl alespoň jeden člen domácnosti vážně nemocný, vážený celkovým počtem vážně nemocných členů domácnosti. Vážně nemocní jsou definováni jako osoby, které nemohou pracovat nebo vykonávat běžné činnosti.

Špatný přístup k moderním energiím, zvláště k elektřině, je také kamenem úrazu pro venkovské kliniky a maří poskytování moderního preventivního, diagnostického a lékařského ošetření. Navíc je kvůli nedostatku



Obrázek 1: Počet úmrtí ve světě za rok podle příčiny, 2008 a 2030 (předpověď)[15].

door area pollution that is responsible for a high incidence of respiratory disease, particularly for women and children[16] (Table 1). Additionally, the collection of biomass – usually undertaken by women and children – leads to a relatively high incidence of physical injury[5, 16, 17].

Table 1: Health outcomes from an off-grid village in Binana Cell, Western Province, Rwanda[18]

Number of days sick*	Number of days severely sick**	Proportion of households drinking untreated water	Proportion of households citing negative health impact of kerosene or cooking fuel
11.628	8.027	40.12%	42.2%

*The number of days in an average month where at least one household member was sick, weighted by the total number of household members sick

**The number of days in a an average month where at least one household member was severely sick, weighted by the total number of household members severely sick. Severely sick defined as unable to work or undertake normal activities.

Poor access to modern energy, particularly electricity, is also a major stumbling block for rural health clinics frustrating the provision of modern preventative, diagnostic and medical treatments. Furthermore, a lack of

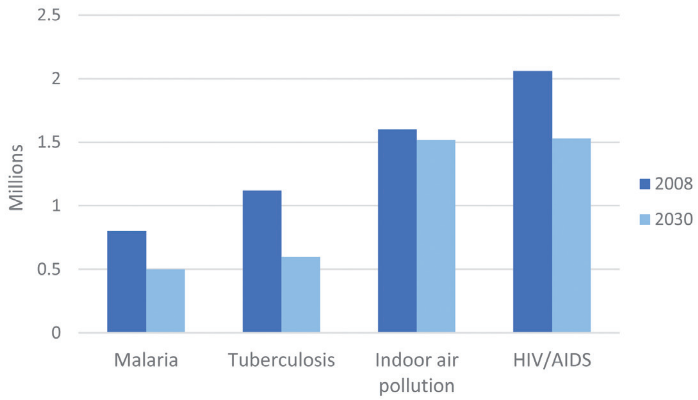


Figure 1: Annual deaths worldwide by cause, 2008 and 2030 (projected)[15].

moderní energie obtížné přilákat a vyškolit kvalifikované pracovníky ve zdravotnictví a je předem vyloučeno využívat efektivní informační a komunikační technologie k šíření informací a zvyšování povědomí o epidemiích a hygieně[4, 15, 19] (obrázek 1).

Novější odhady Světové zdravotnické organizace (WHO) zdůrazňují, že nedostatečný přístup k čistým nebo moderním zdrojům energie na vaření v domácnostech přispívá k ještě vyššímu počtu předčasných úmrtí – celosvětově 4,3 milionu – a to zejména v zemích s nízkými a středními příjmy (LMIC). Tento vyšší odhad u 2,9 miliardy lidí žijících v domovech, které jako primární palivo při vaření používají dřevo, uhlí nebo trus, lze připsat převážně lepším informacím, ale i důkazům o roli znečištění ovzduší při vzniku kardiovaskulárních a respiračních chorob a rakoviny. Odhady v rámci programu Global Burden of Disease činily 110 milionů roků života upravených o invaliditu (DALY; součet roků ztracených v důsledku předčasné úmrtnosti v populaci a roků ztracených kvůli invaliditě)[20].

Aby čelil těmto zdravotním problémům a vyvinul bezpečnou a ekologickou energetickou alternativu zvláště pro ženy, které jsou vystaveny nejvyššímu riziku kontaktu s nebezpečnými látkami znečišťujícími ovzduší (HAP) během doby, kterou tráví přípravou a vařením jídla[21], spustil globální energetický gigant BP roku 2005 výzkumný projekt v Indii, kde je 80 % venkovských domácností odkázáno na biomasu jakožto primární zdroj energie[22]. BP Energy India spolupracoval s mnoha zainteresovanými subjekty včetně ženských skupin z venkova, neziskovou organizací Covenant Centre for Development (CCD) a Indickým ústavem vědy v Bangalore. Tato spolupráce vedla ke vzniku mikrozplyňovacího sporáku Oorja – bezkouřového sporáku na biomasu určeného zejména pro venkovské domácnosti. Sporák používá jako palivo pelety vyráběné ze zemědělského odpadu včetně drti z cukrové třtiny, kukuřičné kaše atd. a spalování probíhá s vysokou účinností. Do indických domácností se mezi roky 2006 a 2010 dostalo přes 400 000 sporáků Oorja. Původně je prodávala společnost Emerging Consumer Markets (ECM), což byla divize BP, a potom odštěpný závod nazvaný First Energy. Oorja je první vyspělý mikrozplyňovač na bázi biomasy, který se prodával ve velkém. Nejen že domácnosti ve venkovském státu Tamilnádu, které se rozhodly pro sporák Oorja, hlásily významné úspory, ale také pokles případů podráždění očí a další zdravotní výhody[23].

modern energy makes it difficult to attract and train skilled health care workers and also precludes the use of effective information and communication technologies for disseminating information and raising awareness about epidemics and hygiene[4, 15, 19] (Figure 1).

More recent estimates of the World Health Organisation (WHO) highlight that the lack of access to clean or modern energy sources for cooking indoors contributes to an even higher figure of premature deaths – 4.3 million globally – primarily in low and middle income countries (LMICs). This higher estimate for the 2.9 billion people living in homes using wood, coal or dung as their primary cooking fuel was largely attributable to better information, as well as evidence about air pollution's role in the development of cardiovascular and respiratory diseases, and cancers. Estimates of the Global Burden of Disease amounted to 110 million disability-adjusted life years (DALYs; sum of years lost due to premature mortality in the population and the years lost due to disability) [20].

To counter these health issues and develop a safe eco-friendly energy option, in particular among women who are most at risk of exposure to HAP through the time spent in the preparation and cooking of food[21], the global energy giant BP initiated a research project in India in 2005 where 80% of rural households depend on biomass as the primary energy source[22]. BP Energy India collaborated with multiple stakeholders including rural women's groups, Covenant Centre for Development (CCD) and the Indian Institute of Science, Bangalore. This collaboration resulted in the creation of the Oorja micro-gasifier cookstove – a smokeless biomass stove primarily for rural households. The stove uses pellets produced from agricultural waste including sugarcane crush, mush of corn etc. as fuel, and combustion is highly efficient. Between 2006 and 2010, over 400,000 Oorja stoves were sold to households in India initially by BP's Emerging Consumer Markets (ECM) division and then by a spin-off company called First Energy. The Oorja is the first advanced biomass based micro-gasifier that has been sold at a large scale. Households in rural Tamil Nadu state that adopted the Oorja stove not only reported significant economic savings but also a reduction in eye irritation and other health benefits[23].

Okénko 1: Aplikace mHealth založené na IKT

Swasthya Slate[27] je přenosná diagnostická jednotka, která slouží jako rozhraní pro tablety a chytré telefony s Androidem a umožní provést až 100 (v současnosti) diagnostických testů i testů kvality vody. Je zkonstruována jako „plug-and-play“ zařízení a vyžaduje poměrně krátké školení zdravotnických pracovníků. Swasthya Slate byla navržena tak, aby se vyráběla za přibližně setinu ceny diagnostických nástrojů, které obsahuje. Ukládá informace do cloudu a každý uživatel dostane registrační číslo, takže pro kliniky a nemocnice je snadné dostat se k datům pacientů. Je možné ji vzít do vzdálené vesnice, kde může být každý otestován a výsledky lze odeslat doktorovi, který může rozhodnout o léčbě. Senzorové součástky, které odesílají data do digitální platformy Swasthya Slate, jsou standardní „sériové“ produkty vyžadující jen nenáročnou údržbu a snadno je lze nahradit. Jejich provoz je možné monitorovat na dálku.

Síť *Uganda Health Information Network*[28] používá ruční přenosná zařízení osazená dobíjecími bateriemi, které se nabíjejí pomocí solárních panelů. Jsou napojeny na African Access Points (bezdrátové přístupové body). Tento systém podobně podporuje zdravotnické pracovníky nacházející se mimo síť a zajišťuje záložní zdroj pro ty, kdo se nacházejí v oblastech, kde je celostátní síť případně nespolehlivá. V současnosti je v provozu více než 700 zařízení, která slouží více než milionu lidí ve 174 zdravotnických střediscích.

Stanice *Inveneo High-Efficiency Computing Station*[29]. Zdravotnická zařízení mimo síť běžně spoléhají na naftové generátory, z čehož plynou narůstající náklady na palivo, nutná údržba a výpadky proudu. Jako alternativní zdroj energie jsou pravidelně navrhovány solární panely, výkon nutný pro chod standardní výpočetní techniky však může jejich využití omezit. Stanice Inveneo High-Efficiency Computing Station je příkladem zařízení o nízké spotřebě energie, které lze pohánět solárními panely. Jednotka Inveneo odebírá pouze 17 wattů v porovnání s více než 50 watty potřebnými pro typický laptop a 150–200 watty pro starou pracovní stanici s monitorem. Budoucí projekty mHealth se při řešení obecnější problematiky zajišťování energie budou muset zaměřit na používání zařízení s nižší spotřebou energie.

Sporák Oorja také povzbudil rozvoj inovativních prodejních a distribučních modelů zaměřených na koncového zákazníka. Ve státu Maháráštra založila místní nezisková organizace Swayam Shuikshan Prayog (SSP) společensky prospěšný podnik Sakhi Retail, který se pyšní distribuční sítí zahr-

Box 1 ICT-enabled mHealth applications

The Swasthya Slate[27] is a portable diagnostic unit that interfaces with Android tablets and smart phones to conduct up to (now) 100 diagnostic tests, as well as a water quality test. It is designed on a 'plug-and-play' basis and requires relatively little training of healthcare workers. The Swasthya Slate has been designed for production at approximately 1/100th the cost of its component diagnostic tools. It stores information in the cloud with each user being given a registration number, making it easy for clinics and hospitals to access patient data. It can be taken into a remote village where everyone can be tested and the results transmitted to a doctor who can decide on treatment. The sensor components that send data to the Swasthya Slate digital platform are standard 'off-the-shelf' requiring low levels of maintenance and are easily replaced. Their operation can be remotely monitored.

The Uganda Health Information Network[28] uses handheld, portable devices fitted with rechargeable batteries that are charged using solar panels. They are connected to African Access Points (wireless network points). This system similarly supports healthcare workers located off-grid and provides a back-up source for those located in regions where the national grid may be unreliable. Currently more than 700 devices are in operation serving more than a million people across 174 health centres.

The Inveneo High-Efficiency Computing Station[29]. Off-grid health facilities commonly rely on diesel generators which have implications for increasing fuel costs, required maintenance and power failures. Solar panels are regularly suggested as an alternative energy supply, however the power required to support standard computing hardware can limit their use. The Inveneo High-Efficiency Computing Station is an example of a low energy consuming device that can be powered by solar panels. An Inveneo unit draws just 17watts of power compared to over 50watts required for a typical laptop and 150–200watts for an old workstation with monitor. mHealth projects of the future will need to focus on using lower energy consumption devices as part of addressing the overall issue of energy provision.

The Oorja has also inspired the development of innovative last-mile sales and distribution models. In Maharashtra state, the Swayam Shuikshan Prayog (SSP) a local NGO established a social enterprise, Sakhi Retail which boasts a distribution network comprising of more than 830 local fenující víc než 830 venkovanek (místních koncových prodejců, *Sakhi*) a 7 skladů, které pokrývají 630 vesnic po celé venkovské části státu Maháráštra. Tento obchodní model spojuje prodej sporáku Oorja s produkty, jako jsou solární svítilny, organické hnojivo, výživové doplňky pro dobytek, informační SMS služby pro sedláky a nízkonákladové sady pro čištění a chlazení vody. Tyto podnikatelky zaznamenaly podstatný nárůst příjmů. Navzdory všeobecnému přijetí sporáku Oorja ve venkovských státech Maháráštra a Tamilnádu zde při rozšiřování projektu do dalších oblastí Indie zůstává řada obtížných úkolů.

Moderní přístup k energii může významně zlepšit zdravotní stav obyvatel venkova díky tomu, že podpoří používání mobilních technologií, které lze využít při diagnostice, monitorování a ošetřování pacientů a které posílí možnosti zdravotníků. Příklady možných aplikací těchto na IKT založených technologií z rozvojových zemí jsou uvedeny v okénku 1. Tato mobilní zdravotní řešení (mHealth) mohou dále posílit schopnost získávat epidemiologické údaje, což přináší možnost účinněji zasáhnout a zajistit „včasné varování", pokud jde o prudké šíření nakažlivých chorob – například cholery či o nedávnou katastrofální epidemii eboly v západní Africe[24, 25, 26].

2. Vzdělávání

Přístup k moderní energii v *chytrých vesnicích* může potenciálně omezit potřebu tradičních zdrojů biomasy (například palivového dříví) na vaření. To znamená, že se sběrem tradiční biomasy stráví méně času a klesne nemocnost respiračními chorobami způsobenými znečišťujícími a neúčinnými sporáky. Moderní přístup k energii umožňuje také zajistit dobrou úroveň osvětlení navečer. Jde o faktory, které nepříznivě ovlivňují schopnost studentů učit se a následně rozvinout svůj společenský a hospodářský potenciál[4,,6, 30].

Školy s udržitelnou dodávkou energie mohou také zajistit lepší úroveň vzdělávání – jak je naznačeno v okénku 2 – a to prostřednictvím internetové školy napájené sluneční energií a vybavené technologií IKT, což je pro školy moderní doby stále důležitější informační médium a jednoznačný magnet, který představuje podnět pro zlepšení školní docházky[12, 31]. Školy, kterým chybí IKT technologie i základnější vymoženosti, jako je osvětlení a tekoucí voda, mají menší šanci, že dokáží přilákat a udržet si dobré učitele[15, 32].

male rural retail entrepreneurs (*Sakhis*) and 7 warehouses covering 630 villages across rural Maharashtra. The business model combines sale of Oorja with products like solar lanterns, organic fertiliser, cattle feed supplement, SMS information services for farmers and low cost water purification and cooling kits. The women entrepreneurs have witnessed a substantial increase in incomes. Despite the widespread adoption of the Oorja in rural Maharashtra and Tamil Nadu, a number of challenges remain to upscaling the project to other areas of India.

Modern energy access can significantly improve the health of rural dwellers by supporting the use of mobile technologies that can be used for the diagnosis, monitoring, and treatment of patients, and the empowering of health workers. Examples of the potential applications of these ICT-enabled technologies in developing countries are given in Box 1. These mHealth solutions can further enhance the ability to gather epidemiological data, providing the opportunity for more effective interventions as well as the provision of an 'early warning' capability in respect to outbreaks of contagious diseases, such as cholera and the recent disastrous Ebola epidemic in West Africa [24, 25, 26].

2. Education

Access to modern energy in *smart villages* has the potential to reduce the need for traditional sources of biomass (such as firewood) for cooking. This means that there will be less time spent collecting traditional biomass with reduced sickness from respiratory illness caused by dirty and inefficient cookstoves. And modern energy access enables good levels of lighting to be provided in the evenings. These are aspects that negatively affect the ability of students to study and consequently to achieve their social and economic potential [4,,6, 30].

Schools with sustainable energy supplies can also provide enhanced levels of education, as outlined in Box 2, by a solar-powered internet school equipped with ICT technology, an increasingly important medium of information for schools in the modern age and a definite pull-factor in providing incentives for school attendance [12, 31]. Schools that lack ICT technology and, more basic amenities such as lighting and running water, are less likely to be able to attract and retain good teachers [15, 32].

Okénko 2: Internetová škola napájená sluneční energií

Takováto učebna využívá výhradně solární energii a mobilní technologie a je naprosto nezávislá[33]. Cestu jí razí Samsung Electronics Africa s programem Habitat for Humanity (Životní prostředí pro lidstvo) a ministerstvo školství jihoafrické provincie Gauteng a zaměřuje se na zvýšení dostupnosti vzdělání a konektivity po celé Africe. Byla navržena zejména pro využití v odlehlých venkovských oblastech s omezeným nebo zcela chybějícím přístupem k elektřině. Každá učebna je vybudována ve dvanáctimetrovém přepravním kontejneru, díky čemuž ji lze nákladním vozem dopravit do odlehlých oblastí. Tyto školy jsou stavěny pro prostředí s málo zdroji, do drsných povětrnostních podmínek a pro dopravu na velké vzdálenosti. Dodávané vybavení učebny zahrnuje pětašedesátipalcovou elektronickou tabuli a notebooky Samsung. Energii k napájení zařízení učebny zajišťují skládací solární panely; zařízení dokáže běžet jeden týden bez slunečního světla. Aby byly solární panely odolné, jsou vyrobeny z pryže místo skla. Učebna je také vybavena zdrojem nepřerušovaného napájení (UPS), směrovačem, souborovým serverem a videokamerou a ty všechny mohou komunikovat přes 3G satelitní připojení. Kvůli úspoře energie a zajištění temperovaného prostředí má učebna několik vrstev izolace a větrací systém.

V mnoha rozvojových zemích je pokrytí mobilní sítí rozsáhlé a na webu existuje více než 100 vzdělávacích a studijních platforem, z nichž mnohé by mohly být v rozvojových zemích nasazeny. Mezi ně patří systémy řízení studia (LMS), které využívají prvky, jako je „gamification“: využití prvků herního uvažování a herního designu. Studenti jsou takto zaměstnáni ve smyslu úkolů, soutěžení a zábavy prostřednictvím miniher, bodování, odznaků a odměn, které studenty do učení zapojují novými způsoby[34].

Jedním z problémů je nedostatečně systematická dodávka elektřiny. Alternativní zdroje energie, jako jsou solární panely nebo větrné mikroturbíny a hybridní systémy využívající záložní baterie, pomáhají bariéru nesoustavně nabíjených zařízení překonat. Chybí výzkum dokládající vliv dodávek energie na její využitelnost zvláště v odlehlých vesnicích a studující, jakou překážku to představuje pro různé iniciativy. Tyto rozmanité faktory jako celek jsou však příslibem zdokonalení schopnosti studentů osvojovat si vědomosti a dovednosti nutné ke zlepšení výsledků, dosažení hospodářských cílů a zvýšení produktivity.

Box 2 Solar Powered Internet School

This classroom is exclusively solar-powered, mobile and completely independent[33]. It is spearheaded by Samsung Electronics Africa with Habitat for Humanity and the Gauteng Department of Education, South Africa, and is geared to increasing accessibility to education and connectivity across Africa. It has been designed particularly for use in remote rural areas with limited or no access to electricity. Each classroom is built in a 12 metre long shipping container, making them transportable via truck to remote areas. The schools are built for low resource environments, harsh weather conditions, and for long distance transportation. The classroom equipment provided includes a 65 inch E-board and Samsung notebooks. Energy to power classroom equipment is provided by fold-away solar panels; equipment can run for one week without additional sunshine. To ensure the solar panels are durable, they are made from rubber instead of glass. The classroom is also equipped with an Uninterrupted Power Supply (UPS), a router, a file server and a video camera, all of which can communicate via a 3G satellite connection. To conserve energy and insure a temperate environment, the classroom has several layers of insulation and a ventilation system.

The mobile network coverage of many developing countries is extensive, and there are more than 100 educational learning platforms listed on the World Wide Web, many of which could be employed in developing countries. These include learning management systems (LMS) that make use of features such as 'gamification': the use of game thinking and game design elements. In this way students are engaged in a sense of challenge, competition and fun through mini-games, points, badges and rewards that involve students in new ways [34].

One of the challenges is the lack of a consistent electricity supply. Alternative power sources such as solar panels or micro-wind turbines, and hybrid systems using back-up batteries, help to overcome the barrier of having inconsistently charged devices. There is a lack of research documenting the effects of energy supply on its utility particularly in remote villages and the barrier that this poses to different initiatives. Taken together, however, these various factors show promise for enhancing the ability of students to acquire the knowledge and skills necessary to improve their performance and achieve economic goals and improve productivity.

3. Zajištění potravin

Přibližně jeden ze sedmi lidí v rozvojovém světě nemá zajištěné potraviny – nemůže potraviny konzumovat nebo nemá přístup k dostatečnému množství jídla, které by mu zajistilo zdravý a aktivní život[35]. Dodávky energie mohou *chytrým vesnicím* potenciálně pomoci lépe si zajistit jídlo, jelikož rolníci využijí zdokonalené zavlažovací systémy, předpovědi počasí, infrastrukturu umožňující skladování v chladu a agronomické a tržní informace. Celkově vzato budou *chytré vesnice* v lepší situaci, kdy budou moci těžit z výhod zemědělské modernizace a zajistit si větší díl z hodnotového řetězce v zemědělství (okénko 3).

Příjem domácností v chytré vesnici Rimbunan Kaseh v Malajsii byl v důsledku inovativního zemědělského systému obohacen až o 500 dolarů za měsíc[32]. Kroky, jako je zajištění internetu a vzdělávacích zařízení, pravděpodobně této vesnici umožní rozvinout se v místní středisko, které bude okolní komunitě nabízet příležitosti z hlediska vzdělávání i zaměstnání.

4. Hospodářská činnost a produktivita

Hospodářskou činnost ve vesnicích lze obecně rozdělit na zemědělství a všezahrnující kategorii nezemědělské činnosti: venkovský průmysl. Celkově vzato ovlivňuje energetická chudoba na vesnicích jak zemědělství, tak venkovský průmysl prostřednictvím nízké produktivity a malé šance růst, skryté nezaměstnanosti, nízkých příjmů a hromadné migrace do měst[31]. Energetická chudoba znamená, že většina rolníků nemá spolehlivý přístup k elektřině ani mechanické energii a chybí jim tudíž motorická síla nutná k pohonu zemědělské techniky a k zavlažování. V důsledku toho rolníci nemohou dosáhnout na výhody modernizace zemědělství, mezi něž patří: zvýšení výnosů, intenzity obdělávání, spolehlivosti, hospodárnosti a produktivity, i snížené mzdové náklady a časová náročnost[4, 14]. Energetická chudoba také brzdí rozvoj venkovského průmyslu kvůli tomu, že zde nelze zajistit vhodné osvětlení pro průmysl, aby bylo možné rozšířit pracovní dobu, a kvůli nedostupnosti technologie IKT, kterou by průmysl mohl využít k získání relevantních informací o trhu a který by tedy lidem umožnila informovaněji se rozhodovat v rámci podnikání a začlenit se do složitějších hodnotových řetězců[27, 31, 37]. Energetická chudoba může mít dopad na venkovský průmysl, jelikož omezuje schopnost lidí dopravovat a rozvážet zboží a služby[4, 15]. Nepřímo ovlivňuje také zemědělskou produktivitu kvůli své-

3. Food security

Approximately one in every seven people in the developing world is food insecure – unable to consume, or have access to sufficient food to sustain a healthy and active life[35]. Energy provision has the potential to help *Smart villages* to become more food secure as farmers take advantage of improvements in irrigation systems, weather forecasting, cold-storage infrastructure, and agronomic and market information. Taken together, *smart villages* will be in a better position to gain from the benefits of agricultural modernisation and capture more of the agricultural value chain (Box 3).

Household income in the smart village of Rimbunan Kaseh in Malaysia has been supplemented by up to USD 500 per month as a result of its innovative agricultural system[32]. Developments such as the provision of internet and educational facilities is likely to allow the village grow into a local hub, providing both educational and employment opportunities to nearby communities.

4. Economic activity and productivity

Economic activity in rural villages can generally be disaggregated into agriculture and a catch-all category of non-agricultural activity: rural industries. Broadly speaking, energy poverty in villages affects both agriculture and rural industry through low rural productivity and growth prospects, disguised unemployment, low incomes and mass migration to cities[31]. Energy poverty means that most farmers do not have reliable access to electricity or mechanical power and hence lack the motive power required to drive farm machinery and irrigation. As a result, farmers are unable to achieve the benefits of agricultural modernisation that include: improvements in yields, cropping intensities, dependability, cost efficiency and productivity, as well as decreased labour and time costs[4, 14]. Energy poverty also hinders rural industry development through the inability to provide suitable lighting for industries to extend their working hours, and the lack of ICT access which could be used by industries to obtain relevant market information and therefore allow them to make more informed business decisions and integrate into more complex value chains[27, 31, 37]. It may impact rural industries through limiting their ability to transport and distribute goods and services[4, 15]. Indirectly, energy poverty also affects agricultural productivity through health impacts due to, for example, indoor air pollution and time and effort expended collecting biomass[31].

mu vlivu na zdraví, který je například důsledkem znečištění vzduchu v domácnostech a času a úsilí vynaloženého na sběr biomasy[31].

Okénko 3: Zajištění potravin

Rimbunan Kaseh, chytrá vesnice nacházející se na severovýchod od Kuala Lumpuru, byla spuštěna v březnu 2013 jako veřejno-soukromé partnerství mezi společností IRIS Corporation Berhard a organizací MIGHT – partnerskou expertní skupinou, která sbližuje vládu, průmysl a akademickou obec – jejím posláním je stimulovat na venkově růst tím, že do vesnic přivede 21. století[36].

Vesnice je vybavena vysoce inovativním zemědělským systémem, který zajišťuje splnění mnoha místních potřeb a je začleněný do globálních zemědělských hodnotových řetězců. Je tomu tak do značné míry díky produkci plodin s vysokou hodnotou, jako je zlatý meloun a ryba bručoun sladkovodní, a tomu, že Rimbunan Kaseh se díky IKT začlenila do globálních hodnotových řetězců, což znamená, že její produkty leží například na regálech singapurských samoobsluh. Vesnici tvoří odolné, cenově dostupné a energeticky nenáročné domy pro přibližně 100 domácností a obec zajišťuje vzdělávací, školicí a rekreační zařízení. Moderní přístup k energii je poskytován místní samosprávou jako jeden z mnoha veřejných statků.

Rimbunan Kaseh je mezi vesnicemi průkopník v oblasti účinného využívání energie, jak dokládá IRIS, její integrovaný systém produkce zemědělských plodin, vodního hospodářství a živočišné výroby. Voda, která se nejprve používá ve vodním hospodářství k pěstování ryb o vysoké hodnotě, se dále recykluje a využívá k zavlažování plodin prostřednictvím systému AutoPot. Tento energeticky nenáročný hydroponický systém je založen na chytrém ventilu, který zaručuje, že rostliny dostanou přesně takové množství vody a výživy, jaké je potřeba. Zemědělský odpad je mulčován a používán jako krmivo pro drůbež, které slouží také jako vstup pro výrobu krmiva pro ryby v rámci vodního hospodářství.

Přístup k energii a přijetí digitální revoluce zvýší přidanou hodnotu, která zůstane podnikavým rolníkům. Příklady přeměny místních zdrojů na nové produkty názorně dokládá inovativní rozvoj v Malajsii (okénko 3) a Tanzanii (okénko 4). Přístup k energii také dává možnost vybudovat nová skladovací zařízení, na něž díky IKT navazuje vhodně načasovaná doprava

Box 3 Food security

Rimbunan Kaseh, a smart village located North-East of Kuala Lumpur, was launched in March 2013 as a public-private partnership between IRIS Corporation Berhard and MIGHT – a partnership think tank that brings together government, industry and academia – the mission is to stimulate rural growth by bringing the 21st century to rural villages[36].

Equipped with a highly innovative agricultural system provides for many local needs, and is integrated into global agricultural value chains. This is largely due to the production of high value crops, such as golden melon and jade perch fish, and the ICT-enabled integration of Rimbunan Kaseh into global value chains meaning that these products sit on, for example, Singaporean supermarket shelves. The village consists of durable, affordable and energy-efficient homes for approximately 100 households, and provides educational, training and recreational facilities. Modern energy access is provided as one of a number of public goods by the local government.

Rimbunan Kaseh is a rural pioneer in energy efficiency as demonstrated by its IRIS integrated production system of agricultural crops, aquaculture and livestock production. Water used first in aquaculture, where highly valued species of fish are reared, is then recycled and used to irrigate crops through the AutoPot system. This energy efficient hydroponic system relies on a smart valve that ensures plants receive precisely the level of water and nourishment required. Agricultural waste is mulched to use as poultry feed which, also serves as an input to create fish food for aquaculture.

Energy access and the adoption of the digital revolution improves the value-added captured by entrepreneurial farmers. Examples of turning local resources into new products are illustrated by innovative developments in Malaysia (Box 3) and Tanzania (Box 4). Energy access also provides the opportunity to develop new storage facilities linked by ICT to the timely transportation of crops advised by information on market conditions. It allows for both better business decisions to be made and increases the bargaining power of rural producers with traders and wholesalers. In addition, borders that have improved efficiency and simplified bureaucracy increase úrody vycházející z informací o podmínkách na trhu. Umožňuje lépe se rozhodovat v rámci podnikání a zvyšuje sílu venkovských pěstitelů při vyjednávání s obchodníky a velkoprodejci. Hranice, kde se zlepšila výkonnost a zjednodušila byrokracie, navíc zvyšují obchodní tok a prosperitu lidí v dovážející zemi[15, 16, 39, 40], přičemž je mnohem méně pravděpodobné, že spolu budou obchodníci a celníci přímo interagovat, což snižuje pravděpodobnost korupce na obou stranách[40].

Okénko 4: Zpracování mléčných výrobků v Tanzanii ve vesnici mimo síť

Masajská vesnice Terrat, která se nachází v tanzanské oblasti Manyara stála na rozcestí. Mládež odcházela do měst a místní obyvatelé byli stále bezbrannější vůči tlakům, které sebou nesla globalizace. Když si vesničan Martin Saning'o Kariongi už jako teenager uvědomil, že mladší generaci žene nedostatek ekonomických příležitostí do větších obcí a měst, začal snít o tom, jak rád by svou masajskou komunitu a socioekonomickou sílu svého lidu pozvedl. Vybudoval Ústav pro rozvoj orkonereiských pěstitelů dobytka (IOPA), který má vytvářet příležitosti pro zvyšování ekonomické síly na základě iniciativy místní komunity[38].

IOPA zkoumal hlavní zdroje, které mají Masajové k dispozici – mléko a dobytek – a položil si otázku, jak tyto zdroje přeměnit na ekonomickou příležitost. Diskutována byla myšlenka zpracovávat přebytečné mléko a vyrábět mléčné výrobky o vyšší hodnotě, jako je sýr, jogurt, máslo a ghí. S pomocí jisté holandské rodinné nadace byla založena nová společnost a pět jednotek na zpracování mléka.

Aby IOPA zajistil potřebnou elektřinu, obstaral tři bionaftové generátory o výkonu 300 kW. Generátory běží na bionaftu vyrobenou z dávivce a krotonu, které se zpracovávají v rámci firmy. Bionaftové generátory pracují od 06:30 do 11:30 a údržbu provádějí proškolení vesničané. Díky elektřině z generátorů se zpracování mléka mohlo stát nadmíru úspěšnou ekonomickou aktivitou. Denní výrobní kapacita je mezi 1 000 až 2 000 litry a vesnice své zpracované mléčné výrobky dokáže úspěšně vyvážet na specializované celostátní a regionální trhy.

Martin Saning'o Kariongi nyní na zvýšení ekonomické síly masajských pěstitelů dobytka pracuje na plný úvazek a využívá principy společensky prospěšného podnikání a změn vycházejících od občanů. Kromě dalších nástrojů měřících vliv a výkonnost procesů používá i sociální výnosnost investic.

trade flows and improve the social welfare of the importing country[15, 16, 39, 40], with traders and custom officials much less likely to interact directly lowering the probability for corruption by either party[40].

Box 4 Processing dairy products in an off-grid village in Tanzania

Located in the Manyara region in Tanzania, the Maasai village of Terrat was at a crossroads. The youth were leaving for cities and residents were increasingly vulnerable to the pressures brought by globalisation. Realising that a lack of economic opportunities was driving the younger generation into towns and cities, villager Martin Saning'o began to dream of wanting to uplift his Maasai community and social-economic empowerment of his people since he was a teenager. He developed the Institute for Orkonerei Pastoralists Advancement (IOPA) to create opportunities for community-driven economic empowerment[38].

IOPA examined the main resources available to the Maasai: milk and livestock, and posed the question of how to turn these resources into an economic opportunity. The idea of processing surplus milk to make higher value dairy products, such as cheese, yoghurt, butter and ghee was discussed and, with the help of a Dutch family foundation, a company and five milk processing units were founded.

To provide the necessary electricity, IOPA sourced three biodiesel generations of 300kW capacity. The generators run on biodiesel made from jatropha and croton, which is processed in-house. The biodiesel generators operate from 06:30 to 11:30 with maintenance undertaken by trained villagers. Electricity from the generators has allowed for milk processing to become an overwhelmingly successful economic activity. Daily production capacity is between 1,000 to 2,000 litres per day and the village is able to successfully export their processed dairy products to niche national and regional markets.

Martin Kariongo is now working full time for the economic empowerment of the Maasai Pastoralists through Social business approaches and Civic driven Change, measuring performance by using Social Return on Investment among other impact and performance measurement tools.

Venkovský průmysl obecně tvoří malé a střední podniky zaměřující se na maloobchod, služby, výstavbu, výrobu a opravy[31]. V případě zpracovatelského a stavebního průmyslu lze přístup ke spolehlivému zdroji elektřiny – obvykle pro potřeby pohonu hřídele či mechanických strojů – považovat za nutnost, mají-li vznikat kvalitní produkty. Sledování produktů a zásob lze zlepšit používáním RFID štítků (identifikace na rádiové frekvenci). Toto elektronické zařízení se skládá z antény a mikročipu a umožňuje sledování zboží prostřednictvím komunikace na rádiové frekvenci. RFID štítky lze také používat k monitorování stavu rychle se kazících potravin, například jejich teploty a vlhkosti, což je ku prospěchu jak zákazníka, tak venkovského prodejce. Tyto štítky rychle začínají být všudypřítomné; hodnota RFID průmyslu v roce 2014 byla přibližně 20 miliard dolarů[41].

5. Životní prostředí

Chytré vesnice se mohou ujmout role správce svého místního životního prostředí, v čemž jim pomohou technologie monitorování klíčových indikátorů životního prostředí na dálku – jde o diagnostiku lesa, kvality vody, půdních podmínek a změn krajiny. To by zajistilo trvalé poskytování ekosystémových služeb klíčových pro udržení systémů umožňujících život na Zemi a pro zachování tradic a prvků kultury nějaké země či oblasti[42, 43, 44, 45]. Vesnice se také mohou postarat o provoz komunálních recyklačních zařízení od recyklace odpadní vody, přes organický odpad ze zemědělské výroby, další generaci zařízení na recyklaci elektronického odpadu včetně technologií na skladování a výrobu energie (např. baterie a solární panely; okénko 5). Podle toho, jakými zeměpisnými podmínkami je příroda obdařila, mohou některé *chytré vesnice* fungovat jako místní střediska ekoturistiky – jde o činnost, která může zlepšit kvalitu života a propojení venkovských a městských komunit[46].

Okénko 5: Jak formalizovat neformální sektor recyklace olověných akumulátorů

V současnosti jsou olověné akumulátory nejúspornější technologií skladování elektřiny pro venkovské oblasti. Ve vesnicích jsou všudypřítomné a často žijí novým životem poté, co byly automobilovou baterií nebo se používaly jako jedna z variant skladování elektřiny v řadě domácích so-

Rural industries generally consist of small-and-medium enterprises focusing on retail, services, construction, manufacturing and repair[31]. For manufacturing and construction industries, access to reliable electricity, usually for driveshaft/mechanical power, can be considered a necessity if quality products are to be built. The tracking of products and inventories can be improved upon through the use of radio frequency identification (RFID) tags. This electronic device consists of an antenna and a microchip and allows for the tracking of goods via radio frequency communication. The RFID tags can also be used to monitor the conditions of perishable foods, such as temperature and humidity, which benefits both the consumer and the rural seller. These tags are quickly becoming ubiquitous; in 2014 the RFID industry was worth approximately $20 billion[41].

5. Environment

Smart villages can undertake a stewardship role for their local environment, aided by technologies to remotely monitor key environmental indicators, such as forest diagnostics, water quality, soil conditions and landscape changes. This would ensure the continued provision of ecosystem services crucial to maintaining the earth's life-support systems and preserving traditions and elements of a region or country's culture [42,43, 44, 45]. They may also look to host community-run recycling facilities ranging from the recycling of wastewater, to organic waste from agro-processing, to next generation facilities for the recycling of electronic-waste, including energy storage and generation technologies (e.g. batteries and solar panels; Box 5). Depending on geographical endowments, some *smart villages* may operate as regional ecotourism hubs – an activity that can improve the welfare and connectivity of rural and urban communities [46].

Box 5: Formalising the informal lead acid battery recycling sector

Currently, lead-acid batteries are the most economical electrical storage technology for rural areas. They are ubiquitous in villages, often living a second life after being a car battery or being used as a storage option for a number of home-based solar electricity solutions. Like all batteries, lead-acid batteries eventually become spent and can no longer be lárních systémů. Jako všechny baterie, se i olověné akumulátory nakonec opotřebují a již je nelze nabíjet ani vybíjet. Zbývající olověná pasta však v rozvojovém světě zůstává cennou surovinou a ve venkovských oblastech se často recykluje a prodává prostřednictvím neformálních hodnotových řetězců. Bezpečná recyklace olověné pasty obyčejně vyžaduje velké pece o vysoké teplotě s nesmírně vysokými počátečními náklady, pro jejichž ziskový chod je navíc nutné vybudovat rozsáhlý provoz. V rozvojovém světě je obtížné dosáhnout nutného rozsahu distribučních a sběrných sítí, které by umožnily provoz těchto závodů, a to dokonce i ve velkých městech. To znamená, že recyklace olověné pasty ve venkovských oblastech bývá prováděna nesystematicky, v malém měřítku a nebezpečným způsobem, což má významný nepříznivý dopad na životní prostředí a zdraví obyvatel kvůli tomu, že olověná pasta, kterou se nepodařilo z baterií získat zpět, se dostane do půdy a řek.

Badatelé z Cambridgeské univerzity vymysleli inovativní recyklační řešení, které umožňuje rozpustit zbytek pasty z baterií v roztoku karboxylových kyselin (vylouhovaných z rostlin) za vzniku organických sloučenin olova. Tato látka je vystavena vysokým teplotám a přeměněna na oxid olovnatý a kovové olovo, které umožní přípravu nové pasty do baterií. Zásadní je, že tato inovativní metoda recyklace olověných akumulátorů vyžaduje mnohem méně rozsáhlou infrastrukturu a lze ji bezpečně a úspěšně používat v měřítku malých měst (a nikoli jen megalopolí), takže připouští mnohem menší a efektivnější distribuční a sběrné sítě. Rozvoj tohoto nového zeleného průmyslového odvětví nejenže přinese ekonomické příležitosti pro vesnice (formalizováním této neformální ekonomiky), ale ochrání také životní prostředí před znečištěním olověnou pastou[48].

V současnosti je v kontextu venkovských lokalit mimo síť významný nedostatek péče o produkty po skončení jejich životnosti. Komunity, které nejsou připraveny recyklovat přísun solárních panelů, baterií, osvětlovacích zařízení a jiného obecného elektronického odpadu (e-odpad) nebo to nedokáží, vytvářejí problém, jehož příkladem je odvětví solárního „pikoosvětlení“, kde mají produkty obecně průměrnou uváděnou životnost pouhého 1,5 roku a mnohé z nich vytrží stěží 6 měsíců[47]. Při stávajícím nezájmu vlád a výrobců o péči o výrobky po skončení životnosti nemají vesničané žádné znalosti o správném postupu likvidace ani potřebné nástroje a někteří se uchylují k likvidaci e-odpadu v suchých záchodech nebo jej zakopávají do země, což má zjevně zhoubný vliv na zdraví a životní prostředí.

charged and discharged. The remaining lead paste, however, remains a valuable material in the developing world and is often recycled in rural areas and sold through informal value chains. Conventionally, the safe recycling of lead paste requires large high-temperature furnaces with extremely high up-front capital costs and which require significant economies of scale to operate profitably. In the developing world, it is difficult to achieve the required size of distribution/collection networks to enable these plants to operate, even in large cities. This means that recycling of lead paste in rural areas tends to be undertaken in a haphazard, small-scale and unsafe way which has significant negative environmental and health impacts due to unrecovered lead paste making its way into soil and rivers.

Researchers at the University of Cambridge have devised an innovative recycling solution that allows for residual battery paste to be dissolved in a solution of carboxylic acids (leached from plants) to produce lead organic material. This material is subjected to high temperatures and converted to lead monoxide and metallic lead, allowing for the preparation of new battery paste. Crucially, this innovative method of recycling lead-acid batteries requires much smaller-scale infrastructure and can be safely and successfully undertaken at the scale of small towns (rather than mega-cities), enabling much smaller and more effective distribution/collection networks. Development of this new green industry will not only provide an economic opportunity for rural villages (through formalising the informal economy) but also safeguard the environment from lead paste pollution[48].

Currently there is a significant lack of end-of-life consideration for products in a rural off-grid context. Communities that are not prepared or able to recycle the incoming influx of solar panels, batteries and lighting products, as well as other general electronic waste (e-waste) create a problem which is exemplified by the solar ‘pico-lighting’ industry, where products in general have an average stated life-span of only 1.5 years, and many of these products barely make it to 6 months[47]. With the current disregard amongst governments and manufacturers for end-of-life care of products, villagers have no means or knowledge of correct disposal methods, with some resorting to disposing of their e-waste in latrines, or burying it underground, obviously with deleterious outcomes for health and the environment.

Tyto potíže lze překonat povzbuzováním výrobců a dárců, aby o své produkty pečovali „od kolébky až do hrobu“, jak to propagují Edinburská univerzita, Silicon Valley Toxics Coalition a Turing Trust, kteří na nedávném workshopu v Nairobi zkušebně spustili Pico–Solar Scorecard[47]. Programy pobídek a zpětného odběru ve spojení s angažováním a vzděláváním lidí lze využít a zajistit tak, aby se vesnice chovala skutečně chytře ohledně toho, jak likviduje nebezpečné látky. Souběžně je třeba plně podporovat možnost systémy a produkty opravovat, a nikoli tomu aktivně bránit (jak je tomu u mnoha výrobců navrhujících produkty cíleně tak, aby bylo obtížné se do nich dostat nebo je upravovat).

Obavy vyvolává zvláště tlak na odlesňování, jenž lze omezit používáním účinných sporáků, aby se snížila spotřeba tradičních zdrojů energie založených na biomase (např. palivové dříví, dřevěné uhlí), což je v současnosti klíčová síla, která žene neudržitelné využívání lesa. Neudržitelné využívání lesních zdrojů jako paliva pro domácnosti má také za následek celkově kladný příspěvek k CO_2 v atmosféře a spalování pevných kuchyňských paliv v neúčinných sporácích současně způsobuje vysoký stupeň znečištění vzduchu v domácnostech (HAP). Mezi tyto znečišťující látky patří emise pevných částic, oxid uhelnatý a další kyslík a chlór obsahující organické látky, z nichž mnohé jsou potenciálně rakovinotvorné či mají jiný závažný vliv na zdraví[49, 50, 51].

5. Kvalita života a participační demokracie

Zajistí-li si chytré vesnice moderní energii, mají potenciálně možnost překonat často zlehčovaný důsledek energetické chudoby, jímž je dřina prostupující životy mnoha lidí na vesnici[31]. Zajištění moderní energie – zvláště elektřiny – má vskutku převratný dopad na mnoho vesničanů, jelikož jim ušetří čas i úsilí při sběru biomasy a umožní, aby plnění původně pracných a časově náročných úkolů převzaly domácí spotřebiče. Vesničané si mohou užít více zábavy díky rekreačním zařízením (okénko 6) a silnější veřejné osvětlení v noci znamená, že lidé, zvláště ženy, se mohou těšit ze sociální interakce, aniž by se zbytečně báli nebezpečí[15,29].

These problems can be overcome by encouraging cradle-to-grave care of products by manufacturers and donors as promoted by explored in the launch of a Pico-Solar Scorecard by the University of Edinburgh, the Silicon Valley Toxics Coalition, and the Turing Trust at a recent workshop in Nairobi[47]. Incentives and take-back schemes, combined with engagement and education, can be used to ensure a village is truly smart about how it disposes of its hazardous materials. Along with this, the potential for repair of systems and products must be fully encouraged, rather than actively opposed (as is the case with many manufacturers designing products to be purposefully difficult to access or modify.

Of particular concern is the pressure on deforestation which can be reduced through the use of efficient cook stoves to decrease the use of traditional biomass energy sources (e.g. firewood, charcoal), which is currently a key driver of unsustainable forest use. Unsustainable use of forest resources for household combustion also results in a net CO_2 contribution to the atmosphere, while combustion of solid cooking fuels in inefficient cookstoves produces high levels of household air pollution (HAP). Pollutants include particulate emissions, carbon monoxide and other oxygenated and chlorinated organics, many with potential carcinogenic and other serious health impacts[49, 50, 51].

5. Quality of life and participatory democracy

Through the provision of modern energy smart villages have the potential to overcome the often understated consequence of energy poverty which is the drudgery that is pervasive of many lives in rural villages[31]. Indeed, the impact of modern energy provision – particularly electricity – has a transformative impact on many villagers, saving both time and effort in collecting biomass, and allowing for household appliances to take the role of the previously labour-intensive and time consuming tasks. Villagers can have more entertainment through recreational facilities (Box 6), and the increased public lighting at night means that people, particularly women, can enjoy social interaction without unneeded fear of danger[15,29].

Okénko 6: Elektřina mění život – osobní pohled

„Dodávka elektřiny do odlehlých venkovských oblastí udrží mládež v nich, místo aby odešla do Kampaly a jiných měst při hledání zaměstnání[52]."

…lze ji převést na jiné formy energie, jako je otáčení strojů, které pohánějí vodní čerpadla, jež přivádějí vodu na statky. Využívá se k chlazení a zajištění tepla. Pokud se v minulosti farmáři nepovedlo prodat část denní produkce mléka, musel použít palivové dříví nebo dřevěné uhlí, aby jej převařil a uchoval. Dnes mnoho farmářů mléko chrání uchováváním v chladničkách. Skupiny farmářů tu a tam postavily zařízení na zpracování kávových zrn a mlýny na kukuřici, které používají elektřinu – tím zvyšují hodnotu svých plodin. Sedlák v naší vesnici používá elektřinu k čerpání podzemní vody pro svou drůbeží farmu a dále ji využívá, aby se vyklubala vejce a aby byla kuřata v teple. Jeho drůbeží farma zaměstnává asi šest mladých lidí, což dodává na věrohodnosti postřehu Ing. Petera Kiwanuky Ssebalamua, vedoucího katedry strojního inženýrství na Královské univerzitě Mutesy I.

Maslowova (1954) hierarchie potřeb dává užitečný rámec, jehož prostřednictvím lze porozumět dopadu energetické chudoby na venkovský život[53]. Bez spolehlivého a bezpečného přístupu k energii, případně elektřině vesničané nedokáží uspokojit své základní potřeby a dosáhnout vážnosti a seberealizace nebo s tím budou mít potíže. Navíc společnost, v níž jsou naplněny základní lidské potřeby, úcta a nezávislost, charakterizují pozitivnější pocity ve společnosti jako celku[54]. Dopad zmírnění energetické chudoby na kvalitu života zřejmě nejlépe zachycuje Zomerovo (2003) vylíčení tří osob: vesničana ze soudobého Bangladéše, rolníka z venkovských USA ve 40. letech minulého století a vesnického kněze z Irska v 50. letech. Všichni tři zdůrazňovali, že elektřina je mnohem víc než jen vymoženost, že osvobozuje a má moc odstranit komplex méněcennosti[55].

Kvalitu života vesničanů lze také zvýšit používáním energie k rozšiřování informací prostřednictvím IKT. Například mobilní telefony, televize a internet třeba umožní vyrovnat informačně nevyvážené společnosti, které mívají sklon bránit sociální a hospodářské mobilitě mezi vesničany jisté třídy, pohlaví nebo věkové skupiny, a zároveň umožní vesničanům lépe si

Box 6 Electricity changes live – a personal viewpoint

"Provision of electricity to the remote rural areas will keep the youths there instead of going to Kampala and other towns seeking employment[52]."

....it can be converted into forms of energy such as the rotation of machines which run water pumps that push water to farms. It is used for refrigeration and for providing heat. In the past if a farmer failed to sell some of the day's milk he had to use firewood or charcoal to boil it to preserve it. Nowadays many farmers safeguard the milk by keeping it in refrigerators. Here and there farmers' groups have set up coffee hullers and maize mills which use electricity – adding value to their produce. A farmer in our village uses electricity to pump underground water for his poultry farm and he also uses it to hatch the eggs and to keep the chicks warm. His poultry farm employs some six youths, which gives credence to an observation made by Engineer Peter Kiwanuka Ssebalamu, Head of the Mechanical Engineering Department at Mutesa One Royal University.

Maslow's (1954) hierarchy of needs provides a useful framework through which to understand the impact of energy poverty on rural livelihoods[53]. Without safe and reliable access to energy and/or electricity, villagers will be unable to, or struggle to fulfil basic needs and realize esteem and self- actualization needs. Furthermore, a society in which basic human needs, respect and autonomy are met is characterized by more positive feelings in the society as a whole[54]. The impact of alleviating energy poverty on the quality of life is arguably best captured by Zomer's (2003) account of three individuals: a villager in modern-day Bangladesh, a 1940s farmer in the rural USA and a priest in rural Ireland in the 1950s. All three individuals highlighted that electricity is far more than an amenity, is liberating, and has the power to sweep away inferiority complexes[55].

The quality of life of villagers can also improve through the use of energy to allow for information to be disseminated through ICT. For example, mobile phones, televisions and the internet may allow for levelling change in informational-skewed societies that tend to hold back social and economic mobility among villagers from a certain class, gender or age uvědomit svá společenská, hospodářská a politická práva a zapojit se do správních procesů na všech úrovních[56].

Okénko 7: Participační demokracie

Indické elektronické volební automaty (EVM) zrevolucionizovaly v posledních dvou desetiletích volební proces[57]. Klíčová zde byla řada pozorně sledovaných pilotních projektů, které celý složitý proces odevzdání hlasu převedly z papírových lístků na velice jednoduché volební automaty, které jsou často poháněné bateriemi a které voliči v Indii přijali. Prokázalo se, že EVM jsou nekomplikované a nelze je podvést, takže Indie je světovou jedničkou, co se týče názorné ukázky, jak jednoduchý, avšak „chytrý" stroj může svou přesností a věrohodností zrevolucionizovat chod politického systému, který je potom přístupnější negramotným, lidem neznalým matematiky a znevýhodněným vrstvám.

Na neformálním semináři pořádaném roku 2011 Jihoasijskou asociací pro regionální spolupráci (SAARC) v Alleppey v indickém státě Kerala věnovali volební komisaři diskuzi konkrétně dopadu EVM vyráběných dvěma odlišnými institucemi financovanými indickou vládou. Ty zcela mění hru, protože jsou cenově dostupné a snadno škálovatelné (při každých všeobecných volbách se jich použije jeden milion). Sousedé Indie, ať jde o Bangladéš, Bhútán, Nepál, Pákistán nebo Šrí Lanku, jim tyto přístroje předvedli a volební komisaři se shodli, že takto se lze snadno posunout dál.

Na dalším ze seminářů SAARC vyzvedli indičtí volební komisaři fakt, že využívají místní zdroje elektřiny pro napájení videokamer a kontaktování voličů a stran za účelem lepší regulace voleb, takže venkovský elektorát je lépe obeznámen s využíváním (a nikoli zneužíváním) elektrických zařízení tak, aby byla zajištěna základní práva, od nichž se odvíjejí všechna ostatní práva v jejich společnosti.

Venkovské komunity bývají politicky odříznuté kvůli své relativní odlehlosti a v důsledku toho jim často chybí informace o společenských otázkách a čelí obtížím, pokud se mají aktivně účastnit debat o tom, jak se s problémy vypořádat[58]. Prostřednictvím IKT si mohou venkovské komugroup, as well as allowing villagers to become more aware of their social, economic and political rights, and to engage in governance processes at all levels[56].

Box 7 Participatory democracy

India's Electronic Voting Machines (EVMs) have revolutionised the electoral processes in the last two decades[57]. The key here has been a series of closely monitored pilot projects to take the complex process of casting a vote away from a paper ballot to very basic EVMs, often powered by batteries, which the electorate of India have accepted and proved to be fraud and fool-proof, so that India is a world-leader in demonstrating how a simple but 'smart' machine can revolutionise the running of a political system through accuracy and veracity, which is then accessible to the illiterate, the innumerate and the disadvantaged.

At an Informal Workshop in 2011 of the South Asian Association for Regional Cooperation (SAARC) held in Alleppey, Kerala, Election Commissioners specifically devoted their discussions to the game-changing impact of the EVM manufactured by two separate government-sponsored bodies in India, which are affordable and entirely scalable (a million of them are used in each General Election). India's neighbours, whether in Bangladesh, Bhutan, Nepal, Pakistan, or Sri Lanka, had demonstrated to them these machines and the Election Commissioners agreed that this was the simple way forward.

At another of the SAARC Workshops, the Indian Election Commission underlined how they use local sources of electricity to power video cameras and to contact voters and parties in order better to regulate the elections, thereby making the rural electorate familiar with the uses (rather than abuses) of electrically powered devices in order to ensure the basic rights from which all other rights in their society flow.

Rural communities tend to be politically disenfranchised due to their relative remoteness, and consequently to lack information on societal issues and to face difficulties in being actively involved in debates about how to address them [58]. Through ICT, rural communities in *smart villages* can become more aware of their social, economic and political rights, engage in nity v *chytrých vesnicích* lépe uvědomit svá společenská, hospodářská a politická práva, zapojit se do správních procesů a žádat po politických činitelích zodpovědnost. Příkladem je elektronický hlasovací systém, který v uplynulých desetiletích pomohl zrevolucionizovat volební systém v Indii (okénko 7).

Chytré vesnice a cíle udržitelného rozvoje

Z pěti oddílů popsaných výše se většina vztahuje k Rozvojovým cílům tisíciletí (MDG), které vyhlásilo OSN a jejichž výsledky jsou shrnuty ve zprávě o MDG z roku 2015[59]. Zpráva ukazuje, že snaha o dosažení osmi ambiciózních cílů odhalila v uplynulých patnácti letech významné změny ve výskytu extrémní chudoby, který poklesl z 1,9 miliardy v roce 1990 na 836 milionů v roce 2015. Velice se pozvedla rovnost pohlaví při vzdělávání a rovnost pohlaví na základních školách, zlepšila se hygiena, klesl výskyt nakažlivých chorob, jako je tuberkulóza, AIDS a malárie, a úmrtnost novorozenců i rodiček se snížila o asi 50, respektive 40 %. Zbývá však ještě hodně práce[60]. Koncept chytrých vesnic nám dává nový prostředek, který ve spojení s odpovídajícím rozvojem měst může pomoci dosáhnout dalšího pokroku a splnit ambice rozvojové agendy po roce 2015 – Cíle udržitelného rozvoje (SDG)[61].

Povšechně řečeno vychází SDG z MDG, jsou ale častěji konzultovány s marginalizovanými populacemi. Většina problémů zůstává i nadále nejpalčivější ve venkovských oblastech a koncept chytrých vesnic může ukázat cestu ke slušnému a udržitelnému životu pro všechny. Nové cíle SDG budou usilovat o vymýcení hladu a extrémní chudoby, zmírnění nerovnosti v rámci států i mezi nimi, dosažení rovnosti pohlaví, zlepšení hospodaření s vodou a energií a přijetí kroků, které jsou naléhavě potřeba v boji proti změně klimatu. Splnění těchto cílů stojí za rok 3,3 bilionů dolarů (2,11 bilionů liber) až 4,5 bilionů dolarů (2,87 bilionů liber) ve státních výdajích, investicích a pomoci. Vedoucí představitelé z celého světa se 25–27. září 2015 sejdou v prostorách Spojených národů v New Yorku, aby formálně přijali novou agendu udržitelného rozvoje.

Rozpis odhadů energie, kterou potřebují vesničané, je v Tabulce 2 rozčleněný do tří kategorií a tvoří jej základní lidské potřeby, produktivní využití a potřeby moderní společnosti. Ačkoli jde o uměle zjednodušený nástin, ukazuje se, že jde o užitečný první krok k pochopení, kolik kilowatthogovernance processes, and hold policymakers accountable. An example is provided by the electronic voting system which has helped to revolutionise the electoral system in India in recent decades (Box 7).

Smart Villages and the Sustainable Development Goals

Of the five sections described above, most relate to the UN Millennium Development Goals (MDGs) the results of which are summarised in the MDG Report 2015 [59]. The Report shows how the past 15-year effort to achieve eight aspirational goals has revealed significant changes in the reduction of extreme poverty from 1.9bn in 1990 to 836 million in 2015. Gender equality in schooling and gender parity in primary schooling has been greatly enhanced, sanitation improved, the incidence of infectious diseases such as tuberculosis and HIV/AIDS and malaria reduced, and neonatal and maternal mortality have both declined by about 50% and 40%, respectively. Much remains to be done, however,[60] and the smart villages concept allows for a new vehicle that, in conjunction with urban development equivalents, can help make further strides to meeting the aspirations of the post-2015 development agenda, the Sustainable Development Goals (SDGs)[61].

Broadly speaking, the SDGs build on the MDGs but with increased consultation with marginalized populations. The majority of problems continue to be most severe in rural areas and the smart village concept can lead the way to a decent and sustainable life for all. The new SDGs will aim to eradicate hunger and extreme poverty, reduce inequality within and between states, achieve gender equality, improve water management and energy, and take urgent action to combat climate change. Meeting the goals will cost between \$3.3 trillion (£2.11 trillion) and \$4.5 trillion (£2.87 trillion) a year in state spending, investment and aid. World leaders will meet from 25–27 September 2015 at the United Nations in New York to formally adopt the new sustainable development agenda.

A breakdown of estimates of the energy requirements of rural villagers disaggregated into three categories is found at Table 2 consisting of basic human needs, productive uses, and modern society needs. Although this represents an artificially simple delineation, it proves a useful first step to understand the kWh per person per year required for villagers in rural villages to achieve positive health, education, economic and quality of life outcomes.

din na osobu a rok potřebují vesničané k dosažení kladného výsledku v oblasti zdraví, vzdělávání, hospodářství a kvality života.

Energetické technologie, které jsou nejpříhodnější pro poskytování potřebného objemu energie na osobu a rok tak, aby domácnosti dosáhly jednotlivých úrovní využití elektřiny (nebo jejího ekvivalentu), jsou spolehlivé připojení k síti nebo (hybridní) minisítě. Mezi další moderní energetické technologie, které mohou uspokojit některé ze základních lidských potřeb, avšak nikoli produktivní potřeby ani potřeby moderní společnosti, patří zdokonalené kuchyňské sporáky, solární lampy a samostatné domácí systémy.

Tabulka 2: Odhad energetických potřeb (vychází z prací [16, 61])

Úroveň	Využití elektřiny (nebo jejího ekvivalentu)	kWh na osobu a rok
základní lidské potřeby	osvětlení, zdraví, vzdělávání, základní IKT	50 – 100
produktivní využití	zemědělství, venkovský průmysl	500 – 1000
potřeby moderní společnosti	domácí spotřebiče, chlazení, vytápění, pokročilé IKT	2000

Ačkoli elektřina (nebo její ekvivalent) potřebná k tomu, aby se vesničané od splnění základních lidských potřeb posunuli k produktivnímu využití a potřebám moderní společnosti, vyžaduje vystoupat po tradičním energetickém žebříčku[15], bude se proces, jakým k tomu dojde, silně lišit pro různé komunity fungující v odlišných životních prostředích a kontextu. V některých oblastech je například možné provést rozšíření sítě nebo zavedení minisítě, což umožní vesničanům vystoupat okamžitě po energetickém žebříčku a uspokojit základní lidské potřeby, využívat energii produktivně a naplnit potřeby moderní společnosti. V jiných vesnicích se může energie vydat skromnější cestou a začít například solárními lampami.

The most desirable energy technologies to provide the kWh per person per year required for households to satisfy each of the levels' electricity (or equivalent) uses are a reliable grid connection or (hybrid) minigrids. Other modern energy technologies that can meet some of the basic human needs, but not productive or modern society needs, include improved cook stoves, solar lanterns and stand-alone home systems. Although the electricity (or equivalent) required for villagers to move from achieving basic human needs to productive uses and modern society needs requires climbing the traditional energy ladder[15], the process through which this happens will differ vastly for different communities operating in different environments and contexts. For example, in some areas it is feasible that the grid may be extended or a minigrid deployed allowing for villagers to immediately move up the energy ladder and fulfill basic human needs, productive uses and modern society needs. In other villages, the energy pathway may follow a more modest route beginning with, for example, solar lanterns.

Table 2: Energy requirement estimates (based on [16, 61])

Level	Electricity use (or equiv.)	kWh per person per year
Basic human needs	Lighting, health, education, basic ICT	50 – 100
Productive uses	Agriculture, rural industry	500 – 1000
Modern society needs	Domestic appliances, cooling, heating, advanced ICT	2000

The Smart Villages Initiative resonates strongly with the SDGs in the alleviation of energy poverty. We have noted above with specific examples that its focus on the catalytic influence of energy access in rural villages can improve the welfare of villagers and village communities through significant gains in health, education, economic activity and productivity, and

Iniciativa Chytré vesnice silně souzní s cíli SDG, co se týče zmírnění energetické chudoby. Výše jsme si uvedli konkrétní příklady dokládající, že její zaměření na katalytický vliv přístupu k energii na vesnici může zvýšit blahobyt vesničanů a vesnické komunity významným zlepšením zdraví, vzdělávání, hospodářské činnosti a produktivity a kvality života. Abychom tohoto zlepšení v kontextu chytré vesnice docílili, je důležité, abychom porozuměli dynamickým nárokům na energii ve vesnické komunitě a četným technologickým možnostem, jak lze těmto nárokům udržitelně vyhovět[62, 63]. Je také zásadní, aby bylo nasazení udržitelných energetických technologií doprovázeno a doplněno veřejnými i soukromými investicemi. Asi nejdůležitější je nutnost, aby všechny zúčastněné strany spolupracovaly a překonaly hluboce zakořeněné technické, hospodářské, politické, kulturní a sociální překážky stojící v cestě vizi Chytrých vesnic[15, 16].

ZÁVĚR

Dosažení cílů udržitelného rozvoje uvedených v agendě na rok 2015 bude vyžadovat společné úsilí zaměřené na venkovské oblasti, kde žije přibližně 70 % světové chudiny. Koncept Chytré vesnice nabízí sjednocující rámec, který je dostatečně pružný, aby umožnil odlišný směr rozvoje v různých venkovských komunitách, a přece vede k významnému zlepšení života vesničanů a vesnických komunit. Jasné je to, že splnění vize Chytrých vesnic, obdoby chytrých měst[64], a nezměrný potenciální přínos, jenž může tato vize venkovské komunitě zajistit, bude záviset na angažovanosti a bezvýhradném odhodlání všech zainteresovaných stran.

LITERATURA

1 Světová banka (2013) Indikátory světového rozvoje. Washington D.C.
2 Alstone P, Gershenson D a Kammen D (2015) Decentralizované systémy zásobování čistou elektrickou energií. *Nature Climate Change* **5** 305–314.
3 Spencer H (1897) *První principy*. New York: Appleton.
4 Guruswamy L (2011) Energetická chudoba. *Annual Review of Environment and Resources* **36** 139–161.

quality of life. In order to achieve these gains in the context of smart villages, it is important that there is an understanding of dynamic energy requirements in village communities and the numerous technological pathways through which these requirements can be met sustainably [62, 63]. It is also essential that the deployment of sustainable energy technologies be accompanied by public and private complementary investment. Perhaps most importantly is the need for all stakeholders to cooperate and overcome entrenched technical, economic, political, cultural and social barriers to the Smart Villages vision [15, 16].

CONCLUSION

Achieving the Sustainable Development Goals listed in the 2015 agenda will require a concerted effort focused on rural areas, where approximately 70% of the world's poor live. The Smart Villages concept offers a unifying framework that is sufficiently flexible to allow for different development pathways for different rural communities, while still leading to significant improvements livelihoods of villagers and village communities. What is clear is that achieving the Smart Villages vision, an analogue of smart cities[64], and the immense potential benefits that it can bring to rural communities, will depend on the engagement and wholehearted commitment of all stakeholders.

REFERENCES

1 World Bank (2013) World Development Indicators. Washington D.C.
2 Alstone P, Gershenson D and Kammen D (2015) Decentralised energy systems for clean electricity access. *Nature Climate Change* **5** 305–314.
3 Spencer H (1897) *First Principles*. New York: Appleton.
4 Guruswamy L (2011) Energy poverty. *Annual Review of Environment and Resources* **36** 139–161.
5 Clancy J S and Skutsch M (2002) The gender-energy-poverty nexus: finding the energy to address gender concerns in development, DFID.
6 Birol F (2007) Energy economics: a place for energy poverty in the agenda? *The Energy Journal* **28**(3) 1–6.

[5] Clancy J S a Skutsch M (2002) Vazba mezi pohlavím a energetickou chudobou: jak nalézt energii k řešení genderových otázek při rozvoji, DFID.

[6] Birol F (2007) Ekonomie energie: je v agendě místo pro energetickou chudobu? *The Energy Journal* **28**(3) 1–6.

[7] Silva D a Nakata T (2009) Mnohoúčelové posouzení elektrifikace venkova v odlehlých oblastech postižených chudobou. *Energy Policy* **37** 3096–3108.

[8] Pachauri S a Spreng D (2011) Měření a monitorování energetické chudoby. *Energy Policy* **39** 7497–7504.

[9] Pereira M G, Freitas M A V a Da Silva N F (2011) Výzva, již představuje energetická chudoba: brazilská případová studie. *Energy Policy* **39** 167–175.

[10] Van Gevelt T a Holmes J (2015) Energie pro rozvoj – koncept. V *Chytré vesnice, nové myšlení pro komunity mimo síť* str. 13–20 ed. Heap R B Banson: Iniciativa Chytré vesnice.

[11] Ministerstvo pro rozvoj venkova, indická vláda, 2014. 'Směrnice Saansad Adarsh Gram Yojana (SAGY)'. http://pib.nic.in/archieve/others/2014/oct/d2014101101.pdf (přístup proběhl 22. srpna 2015).

[12] Murphy J T (2001) Jak dosáhnout energetické změny ve venkovské východní Africe: je skokový vývoj alternativou. *Technological Forecasting and Social Change* **68** 173–193.

[13] Bhutto A W a Karim S (2007) Zmírnění energetické chudoby v Pákistánu používáním domácích zdrojů energie. *Energy for Sustainable Development* **9**(1).

[14] Masud J, Diwesh S a Loani B N (2007) Energie pro všechny: řešení spojeného problému energie, přírodního prostředí a chudoby v Asii. Manila, Asijská rozvojová banka.

[15] Kaygusuz K (2011) Energetické služby a energetická chudoba pro udržitelný rozvoj. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **15** 936–947.

[16] Sovacool B K (2012) Politická ekonomie energetické chudoby: přehled klíčových úkolů. *Energy for Sustainable Development* **16** 272–282.

[17] Sovacool B K, Kryman M a Smith T C (2014) Energie, chudoba a rozvoj: globální přehled. v: *Energie, chudoba a rozvoj,* ed. Sovacool, B. K., Routledge Critical Concepts v Development Studies Series, str. 1–126.

[18] Van Gevelt T nepublikovaná data.

[19] Schubert R, Blasch J a Hoffmann K (2007) Ochrana přírody, energetická politika a snížení chudoby – synergie integrovaného přístupu. *IED Working Paper* **1** 1–16.

[20] WHO (2014) Směrnice WHO pro kvalitu vzduchu v budovách: spalování paliva v domácnostech. WHO: Geneva.

[21] Bloomfield E (2014) Dopas čistých sporáků na rovnost pohlaví a život v jižní Asii. Practical Action UK.

[22] Sehgal M a kol. (2014) Nemocnost žen v Indii v důsledku znečištění vzduchu v domácnostech souvisejícího se spalováním biomasy. *Global Health Action* **7** 25326.

[7] Silva D and Nakata T (2009) Multi-objective assessment of rural electrification in remote areas with poverty considerations. *Energy Policy* **37** 3096–3108.

[8] Pachauri S and Spreng D (2011) Measuring and monitoring energy poverty. *Energy Policy* **39** 7497–7504.

[9] Pereira M G, Freitas M A V and Da Silva N F (2011) The challenge of energy poverty: Brazilian case study. *Energy Policy* **39** 167–175.

[10] Van Gevelt T and Holmes J (2015) Energy for development – the concept. In *Smart Villages New Thinking for Off-Grid Communities* pp. 13–20 ed. Heap R B Banson: Smart Villages Initiative.

[11] Ministry of Rural Development, Government of India, 2014. 'Saansad Adarsh Gram Yojana (SAGY) Guidelines'. http://pib.nic.in/archieve/others/2014/oct/d2014101101.pdf (accessed 22 August 2015).

[12] Murphy J T (2001) Making the energy transition in rural east Africa: is leapfrogging an alternative. *Technological Forecasting and Social Change* **68** 173–193.

[13] Bhutto A W and Karim S (2007) Energy-poverty alleviation in Pakistan through use of indigenous energy resources. *Energy for Sustainable Development* **9**(1).

[14] Masud J, Diwesh S and Loani B N (2007) Energy for all: addressing the energy, environment and poverty nexus in Asia. Manila, Asian Development Bank.

[15] Kaygusuz K (2011) Energy services and energy poverty for sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **15** 936–947.

[16] Sovacool B K (2012) The political economy of energy poverty: a review of key challenges. *Energy for Sustainable Development* **16** 272–282.

[17] Sovacool B K, Kryman M and Smith T C (2014) Energy, poverty, and development: A Global Review. In: *Energy, Poverty and Development,* ed. Sovacool, B. K., Routledge Critical Concepts in Development Studies Series, pp. 1–126.

[18] Van Gevelt T unpublished data.

[19] Schubert R, Blasch J and Hoffmann K (2007) Environmental protection, energy policy and poverty reduction – synergies of an integrated approach. *IED Working Paper* **1** 1–16.

[20] WHO (2014) WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion. WHO: Geneva.

[21] Bloomfield E (2014) Gender and Livelihoods Impacts of Clean Cookstoves in South Asia. Practical Action UK.

[22] Sehgal M et al. (2014) Disease burden due to biomass cooking related household air pollution among women in India. *Global Health Action* **7** 25326.

[23] Thurber M C et al. (2014) 'Oorja' in India: Assessing a large-scale commercial distribution of advanced biomass stoves to households. *Energy for Sustainable Development* **19** 138–50.

[24] http://sawbo-illinois4.org/popup-67 (accessed 22 August 2015)

[25] http://www.ebolaprevention.org/ (accessed 22 August 2015)

[26] http://wwwn.cdc.gov/epiinfo/index.htm (accessed 22 August 2015)

[23] Thurber M C a kol. (2014) „Oorja“ v Indii: posouzení rozsáhlé komerční distribuce moderních sporáků na biomasu v domácnostech. *Energy for Sustainable Development* **19** 138–50.

[24] http://sawbo-illinois4.org/popup-67 (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[25] http://www.ebolaprevention.org/ (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[26] http://wwwn.cdc.gov/epiinfo/index.htm (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[27] http://www.swasthyaslate.org/ (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[28] Shinyekwa I (2010) Posouzení efektivity nákladů na ugandskou zdravotnickou informační síť. *UHIN Cost Effectiveness Study Report*. http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/46260/1/132754.pdf (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[29] Blantz E (2010) „Čtyři klíčové úkoly a řešení při nasazení IKT do venkovské zdravotní péče“. http://www.ictworks.org/2010/07/12/4-key-challenges-and-solutions-ict-deployments- rural- healthcare/ (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[30] Cecelski E (2000) Role žen v udržitelném energetickém rozvoji. Golden, Colorado, Národní laboratoř pro obnovitelnou energii.

[31] Casillas C E. a Kammen D M (2010) Spojení energetické chudoby a podnebí. *Science* **330** 1181–1182.

[32] Cabraal R A, Barnes D F a Agarwal S G (2005) Produktivní využití energie v rozvoji venkova. *Annual Review of Environment and Resources* **30** 117–144.

[33] BizTech Africa (2014) http://www.biztechafrica.com/article/orange-farm-welcomes-samsung-solar-powered- interne/8835/#.VcHlgtxRGUm

[34] https://en.wikipedia.org/wiki/Duolingo (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[35] Jennings S, Cottee J, Curtis T a Miller S (2015) *Stav potravinového ohrožení ve světě v roce 2014: posílení příznivého prostředí pro zajištění potravin a výživu.* Rome, FAO. 1–54.

[36] http://www.iris.com.my/Sustainable_Dev/main.html (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[37] Kirubi C, Jacobson A, Kammen D M a Mills A (2009) Komunitní elektrické mikrosítě mohou přispět k rozvoji venkova: důkazy z Keni. *World Development* **37**(7) 1208–1221.

[38] http://www.orkonerei.or.tz/?page_id=152 (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[39] Liu L a Yue C (2013) Výzkum dopadu časové prodlevy na obchod. *Food Policy* **39** 108–114.

[40] Biswas T a Kennedy P L (2015) Role elektronické veřejné správy v zemědělském obchodu. *Louisiana State University, Department of Agricultural Economics and Agribusiness.*

[41] RFID World Website (2015) http://www.rfidworld.ca/world-rfid-market-to-reach-20-billion-usd-in- 2014/769 (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[42] Swanson T (1999) Zachování globální biologické různorodosti podporou alternativních cest rozvoje: můžeme mít rozvoj souběžně s diverzitou? *Biodiversity and Conservation* **8** 29–44.

[27] http://www.swasthyaslate.org/ (accessed 22 August 2015)

[28] Shinyekwa I (2010) Cost Effectiveness Assessment of Uganda Health Information Network. *UHIN Cost Effectiveness Study Report*. http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/46260/1/132754.pdf (accessed 22 August 2015)

[29] Blantz E (2010) 'Four key challenges and solutions to ICT deployments for rural healthcare'. http://www.ictworks.org/2010/07/12/4-key-challenges-and-solutions-ict-deployments- rural- healthcare/ (accessed 22 August 2015)

[30] Cecelski E (2000) The role of women in sustainable energy development. Golden, Colorado, National Renewable Energy Laboratory.

[31] Casillas C E. and Kammen D M (2010) The energy-poverty climate nexus. *Science* **330** 1181–1182.

[32] Cabraal R A, Barnes D F and Agarwal S G (2005) Productive uses of energy for rural development. *Annual Review of Environment and Resources* **30** 117–144.

[33] BizTech Africa (2014) http://www.biztechafrica.com/article/orange-farm-welcomes-samsung-solar-powered- interne/8835/#.VcHlgtxRGUm

[34] https://en.wikipedia.org/wiki/Duolingo (accessed 22 August 2015)

[35] Jennings S, Cottee J, Curtis T and Miller S (2015) *The state of food insecurity in the world 2014: strengthening the enabling environment for food security and nutrition.* Rome, FAO. 1–54.

[36] http://www.iris.com.my/Sustainable_Dev/main.html (accessed 22 August 2015)

[37] Kirubi C, Jacobson A, Kammen D M and Mills A (2009) Community-based electric micro-grids can contribute to rural development: evidence from Kenya. *World Development* **37**(7) 1208–1221.

[38] http://www.orkonerei.or.tz/?page_id=152 (accessed 22 August 2015)

[39] Liu L. and Yue C (2013) Investigating the impacts of time delays on trade. *Food Policy* **39** 108–114.

[40] Biswas T and Kennedy P L (2015) The role of E-governance on agricultural trade. *Louisiana StateUniversity, Department of Agricultural Economics and Agribusiness.*

[41] RFID World Website (2015) http://www.rfidworld.ca/world-rfid-market-to-reach-20-billion-usd-in- 2014/769 (accessed 22 August 2015)

[42] Swanson T (1999) Conserving global biological diversity by encouraging alternative development paths: can development coexist with diversity? *Biodiversity and Conservation* **8** 29–44.

[43] Gupta C L (2003) Role of renewable energy technologies in generating sustainable livelihoods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **7** 155–174.

[44] Seo J, Yoo B, Jeon J, Kim J and Kim E (2006) Basic survey analysis and promotion plan direction of mountain villages in Korea. *Korean Journal of Forest Science* **69** 175–195.

[45] Chigbu U E (2012) Village renewal as an instrument of rural development: evidence from Weyarn, Germany. *Community Development* **43**(2) 209–224.

[43] Gupta C L (2003) Role technologií založených na obnovitelné energii při zajištění udržitelného způsobu života. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **7** 155–174.

[44] Seo J, Yoo B, Jeon J, Kim J a Kim E (2006) Základní rozbor průzkumu a řízení propagačního plánu horských vesnic v Koreji. *Korean Journal of Forest Science* **69** 175–195.

[45] Chigbu U E (2012) Obnovení vesnic jako nástroj rozvoje venkova: důkazy z německého Weyarnu. *Community Development* **43**(2) 209–224.

[46] Wearing S a Neil J (2009). *Ekoturistika: dopad, potenciál a možnosti?* Elsevier. Oxford. 1–304.

[48] http://www.mediablog.ed.ac.uk/wp/africa2015/2015/07/20/solar-waste-repair-and-recycling/ (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[48] Kumar R V (2015) Skokový posun k udržitelné energii. V *Chytré vesnice, nové myšlení pro komunity mimo síť* str. 35–41 ed. Heap R B Banson: Iniciativa Chytré vesnice.

[49] Smith K, Mccracken J P, Weber M W, Hubbard A, Jenny A, Thompson L M, Balmes J, Arana B a Bruce N (2011) Účinek poklesu znečištění vzduchu v domácnostech na zápal plic u dětí v Guatemale (RESPIRE): randomizovaný kontrolovaný pokus. *Lancet* **378** 1717–26.

[50] Putti V R Tsan M, Mehta S a Kammila S (2015) Stav globálního sektoru čistých a zdokonalených metod vaření. ESMAP/GACC Technical Report 007/15, Světová banka: Washington.

[51] Bruce N a Chen D (2014) Zdravotní přínos přístupu k energii v zemích s nižším a středním příjmem: Mechanizmy, dopad a možná politika v Halff a kol. eds. Energetická chudoba: globální úkoly a místní řešení, Oxford University Press: Oxford.

[52] Ssali M (2015) Jak nám elektřina změnila život. V *Chytré vesnice, nové myšlení pro komunity mimo síť* str. 88–94 ed. Heap R B Banson: Iniciativa Chytré vesnice.

[53] Maslow A (1954) *Motivace a charakter*. New York, Harper.

[54] Tay L a Diener E (2011) Potřeby a subjektivní prosperita ve světě. *Journal of Personality and Social Psychology* **10**(2) 354–365.

[55] Zomers A (2003) Obtížný úkol elektrifikace venkova. *Energy for Sustainable Development* **7**(1).

[56] Johnson K (2001) Média a sociální změna: modernizující vliv televize ve venkovské Indii. *Media, Culture and Society* **23** 147–169.

[57] Banerjee M (2015) Chytré vesnice pro chytré voliče. V *Chytré vesnice, nové myšlení pro komunity mimo síť* str. 63–67 ed. Heap R B Banson: Iniciativa Chytré vesnice.

[58] Moseley M (2003). *Rozvoj venkova: principy a praxe*. Sage Publications. London.

[59] http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/ MDG%202015%20PR%20Messages.pdf (přístup proběhl 22. srpna 2015)

[46] Wearing S and Neil J (2009). *Ecotourism: Impacts, Potentials and Possibilities?* Elsevier. Oxford. 1–304.

[48] http://www.mediablog.ed.ac.uk/wp/africa2015/2015/07/20/solar-waste-repair-and-recycling/ (accessed 22 August 2015)

[48] Kumar R V (2015) Leapfrogging to sustainable power. In *Smart Villages New Thinking for Off-Grid Communities* pp. 35–41 ed. Heap R B Banson: Smart Villages Initiative.

[49] Smith K, Mccracken J P, Weber M W, Hubbard A, Jenny A, Thompson L M, Balmes J, Arana B and Bruce N (2011) Effect of reduction in household air pollution on childhood pneumonia in Guatemala (RESPIRE): a randomized control trial. *Lancet* **378** 1717–26.

[50] Putti V R Tsan M, Mehta S and Kammila S (2015) The state of the global clean and improved cooking sector. ESMAP/GACC Technical Report 007/15, World Bank: Washington.

[51] Bruce N and Chen D (2014) Health benefits from energy access in LMICs: Mechanisms, impacts and policy opportunities in Halff et al. eds. Energy poverty: Global challenges and local solutions, Oxford University Press: Oxford.

[52] Ssali M (2015) How electricity changed our lives. In *Smart Villages New Thinking for Off- Grid Communities* pp. 88–94 ed. Heap R B Banson: Smart Villages Initiative.

[53] Maslow A (1954) *Motivation and personality*. New York, Harper.

[54] Tay L and Diener E (2011) Needs and subjective well-being around the world. *Journal of Personality and Social Psychology* **10**(2) 354–365.

[55] Zomers A (2003) The challenge of rural electrification. *Energy for Sustainable Development* **7**(1).

[56] Johnson K (2001) Media and social change: the modernizing influences of television in rural India. *Media, Culture and Society* **23** 147–169.

[57] Banerjee M (2015) Smart Villages for smart voters. In *Smart Villages New Thinking for Off-Grid Communities* pp. 63–67 ed. Heap R B Banson: Smart Villages Initiative.

[58] Moseley M (2003). *Rural Development: Principles and Practice*. Sage Publications. London.

[59] http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/ MDG%202015%20PR%20Messages.pdf (accessed 22 August 2015)

[60] Heap R B (2015) Preface In *Smart Villages New Thinking for Off-Grid Communities* pp. 11.12 ed. Heap R B Banson: Smart Villages Initiative.

[61] UN-Energy (2010) Energy for a sustainable future: the secretary-general's advisory group on energy and climate change summary report and recommendations. New York, United Nations.

[62] Leach M, Scoones I and Stirling A (2007) Pathways to sustainability: an overview of the STEPS Centre approach. *STEPS Approach Paper*: 1–28.

[60] Heap R B (2015) Předmluva v *Chytré vesnice, nové myšlení pro komunity mimo síť* str. 11.12 ed. Heap R B Banson: Iniciativa Chytré vesnice.

[61] OSN-energie (2010) Energie pro udržitelnou budoucnost: poradní skupina generálního tajemníka pro energii a změnu podnebí – souhrnná zpráva a doporučení. New York, Organizace spojených národů.

[62] Leach M, Scoones I a Stirling A (2007) Cesty k udržitelnosti: přehled postupu centra STEPS. *STEPS Approach Paper*: 1–28.

[63] O'Brien G, O'Keefe P a Rose J (2007) Energie, chudoba a veřejná správa. *International Journal of Environmental Studies* **64**(5) 605–616.

[64] Chourabi H, Nam T, Walker S, Gil-Garcia J R, Mellouli S, Nahon K, Pardo T A a Scholl H J (2012) Jak porozumět chytrým městům: sjednocující rámec. *45th Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii: 1–9.

[63] O'Brien G, O'Keefe P and Rose J (2007) Energy, poverty and governance. *International Journal of Environmental Studies* **64**(5) 605–616.

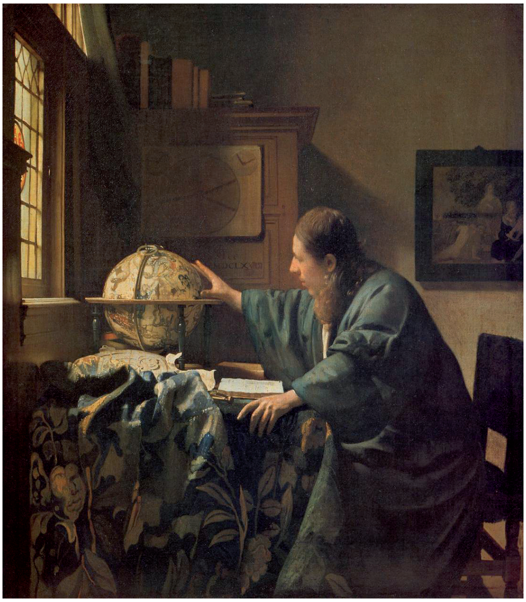
[64] Chourabi H, Nam T, Walker S, Gil-Garcia J R, Mellouli S, Nahon K, Pardo T A and Scholl H J (2012) Understanding smart cities: an integrative framework. *45th Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii: 1–9.

Od Marsu k multiverzu

Martin Rees
Astronomický ústav,
Madingley Road,
Cambridge CB3 0HA
Anglie

1.ÚVOD

Astronomie je základní věda. Z věd o přírodě je rovněž tou nejvelkolepější a nejuniverzálnější – hvězdná obloha je vskutku tím prvkem našeho okolí, který byl sdílen a obdivován všemi kulturami v dějinách lidstva. Dnes jde o činnost, která zahrnuje ohromnou škálu oborů: samozřejmě matematiku, fyziku a techniku, ale i jiné.



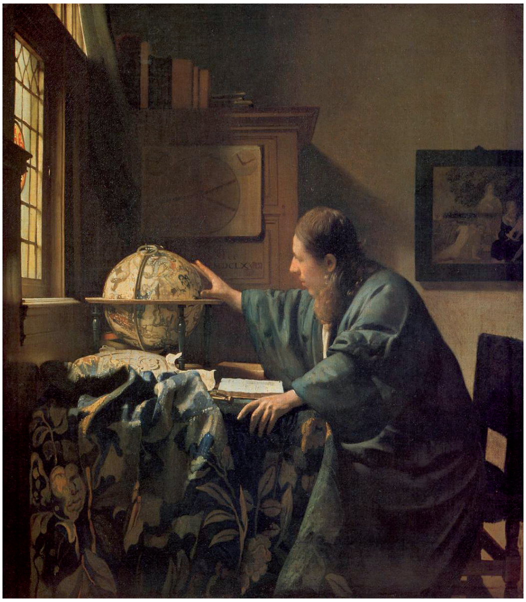
Johannes Vermeer, Astronom, 1668.

From Mars to the multiverse

Martin Rees
Institute of Astronomy,
Madingley Road,
Cambridge CB3 0HA
England

1. INTRODUCTION

Astronomy is a fundamental science. It's also the grandest of the environmental sciences, and the most universal – indeed the starry sky is the one feature of our environment that's been shared, and wondered at, by all cultures throughout human history. Today, it's an enterprise that involves a huge range of disciplines: mathematics, physics and engineering, of course; but others too.



Johannes Vermeer, *The Astronomer*, 1668.

Chceme porozumět exotickým objektům, které odhalily naše dalekohledy. Ale také pochopit, jak se kosmické panoráma, jehož jsme součástí, zrodilo ze žhavého a hustého počátku našeho vesmíru.

Dobrá zpráva pro studenty či postdoky mezi posluchači je ta, že dnešek je skvělá doba pro mladé výzkumné pracovníky. Tempo pokroku se stupňuje, spíš než že by polevovalo; přístroje a výpočetní kapacita se nesmírně zdokonalily.

2. NAŠE SLUNEČNÍ SOUSTAVA, PRŮZKUM VESMÍRU

Začnu vzpomínkou na Isaaca Newtona. Newton musel uvažovat o cestách vesmírem. Opravdu existuje jeden slavný obrázek v anglickém vydání jeho Principií, jenž znázorňuje trajektorii dělových koulí vystřelených z vrcholu hory. Jsou-li vystřeleny dost rychle, jejich dráhy se nestáčejí dolů o nic ostřeji, než se odklání povrch zemský pod nimi: tyto koule přecházejí na oběžnou dráhu. Doposavad jde o ten nejelegantnější způsob, jak vyložit pojem orbitálního letu.

Newton věděl, že aby dělová koule dosáhla oběžné dráhy, musí její rychlost činit 25000 km/h. Této rychlosti však nebylo dosaženo až do roku 1957 při vypuštění Sputniku 1. O čtyři roky později odletěl na orbitu Jurij Gagarin. A o osm let později jsme tu měli přistání na Měsíci. Program Apollo byl hrdinskou kapitolou. Vše ale skončilo už před více než 40 lety – abyste si pamatovali, jak lidé chodili po Měsíci, musíte být středního věku; pro mladší generaci jde o dávnou minulost. Kdybychom toto tempo udrželi, byly by teď už stopy na Marsu. Ve skutečnosti ale lidé nedělali nic víc, než že kroužili kolem Země na nízké dráze – v poslední době na mezinárodní vesmírné stanici.

Vesmírná technika ale vzkvétala – komunikace, monitorování životního prostředí, družicová navigace a tak dále. Jsme na ni odkázáni každý den. A astronomům odhalila oblohu v daleké infračervené oblasti, v ultrafialovém, rentgenovém a gama záření.

Automatické sondy k jiným planetám nám odvysílaly obrázky různorodých a osobitých světů. Naposledy šlo o Rosettu, kometární výpravu vyslanou agenturou ESA, která na kometu samotnou vysadila malou sondu, aby například ověřila, zda poměry izotopů v kometárním ledu jsou tytéž

We want to understand the exotic objects that our telescopes have revealed. But also to understand how the cosmic panorama, of which we're a part, emerged from our universe's hot dense beginning.

The good news, for students or postdocs in the audience, is that today is a brilliant time for young researchers. The pace of advance has crescendoed rather than slackened; instrumentation and computer power have improved hugely.

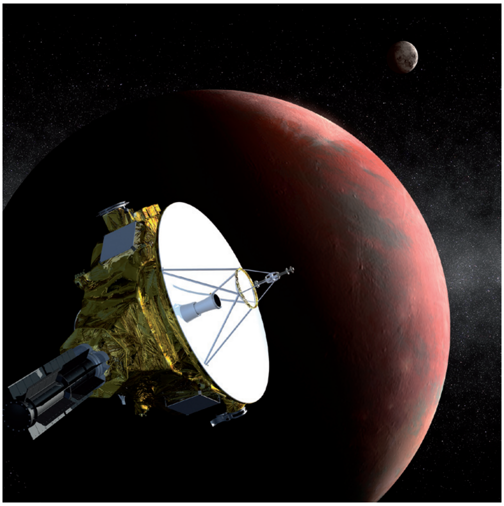
2. OUR SOLAR SYSTEM, SPACE EXPLORATION

I'll start with a flashback to Isaac Newton. He must have thought about space travel. Indeed, there is a famous picture, in the English edition of his 'Principia', which depicts the trajectory of cannon balls being fired from a mountaintop. If they are fired fast enough, their paths curves downward no more sharply than the Earth's surface curves away underneath them: the cannon-balls go into orbit. This is still the neatest way to teach the concept of orbital flight.

Newton knew that, for a cannon-ball to achieve an orbital trajectory, its speed must be 25000 km /hour. But that speed wasn't achieved until 1957 with the launch of Sputnik 1. Four years later, Yuri Gagarin went into orbit. And eight years after that we had the moon landings. The Apollo programme was a heroic episode. But it was all over more than 40 years ago—you've got to be middle-aged to remember when men walked on the Moon; it's ancient history to the younger generation. If the momentum had been maintained there would be footprints on Mars by now. But actually people have done no more than circle the Earth in low orbit – more recently, in the international space station.

But space technology has burgeoned – for communication, environmental monitoring, satnav and so forth. We depend on it every day. And for astronomers it's revealed the far infrared, the UV, X-ray, gamma ray sky.

And unmanned probes to other planets have beamed back pictures of varied and distinctive worlds. The most recent has been ESA's Rosetta comet mission, which landed a small probe on the comet itself, to check, for instance, if isotopic ratios in the cometary ice are the same as in the jako v pozemské vodě – to je klíčové při určování, odkud tato voda pochází. Sonda New Horizons agentury NASA proletěla kolem Pluta a nyní míří do Kuiperova pásu.



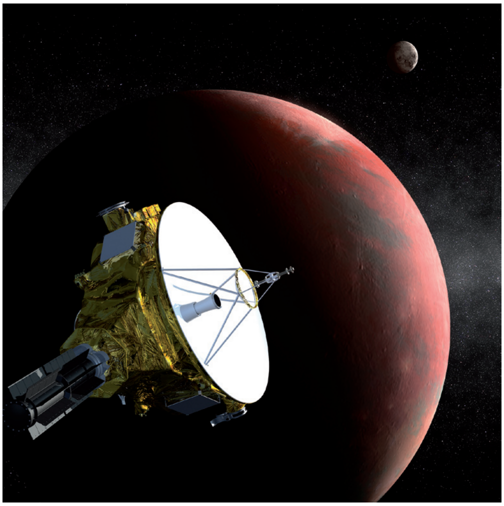
Sonda New Horizons u Pluta. © NASA

Rosetta byla vypuštěna před deseti lety a její konstrukce byla zafixována již o pět let dříve. Její robotická technologie pochází z 90. let minulého století – pro tým, který se sondě tak dlouho věnoval, je to pocit obrovské frustrace, protože možnosti současných konstrukcí by byly mnohem širší.

Doufám, že během tohoto století bude flotilami drobných robotických vesmírných lodí prozkoumána a zmapována celá sluneční soustava. V širším pohledu možná výrobci robotů vybudují také ohromné a zároveň lehké konstrukce vznášející se ve vesmíru (například sluneční kolektory) a třeba budou i těžit suroviny z asteroidů či Měsíce.

Pustí se ale za nimi lidé? Pokrok robotiky podryje praktické důvody pro vesmírné lety lidí. Doufám nicméně, že lidé budou roboty následovat, ačkoli půjde o dobrodruhy vyhledávající nebezpečí a nikoli o praktické účely. V čele tohoto slibného vývoje stojí soukromé společnosti. Kupříkladu SpaceX vedená Elonem Muskem, který také vyrábí elektromobily Tesla, vypustila na oběžnou dráhu nákladní lodi bez posádky, které se spojily s vesmírnou stanicí. Musk doufá, že platícím zákazníkům brzy nabídne let

Earth's water – crucial for deciding where that water came from. NASA's 'New Horizons' probe has passed Pluto, and is now heading into the Kuiper Belt.



The New Horizons probe near Pluto. © NASA

Rosetta was launched 10 years ago; its design was frozen 5 years before that. Its robotic technology dates from the 1990s – that's the greatest frustration for the team that's been dedicated to it for so long because present-day designs would have far greater capabilities.

I hope that, during this century, the entire solar system will be explored and mapped by flotillas of tiny robotic craft. And, on a larger scale, robotic fabricators may build vast lightweight structures floating in space (solar energy collectors, for instance), perhaps mining raw materials from asteroids or the Moon.

But will people follow them? Robotic advances will erode the practical case for human spaceflight. Nonetheless, I hope people will follow the robots, though it will be as risk-seeking adventurers rather than for practical goals. The most promising developments are spearheaded by private companies. For instance SpaceX, led by Elon Musk, who also makes Tesla electric cars, has launched unmanned payloads and docked with the Space Station. He hopes soon to offer orbital flights to paying customers. Wealthy na oběžnou dráhu. Zámožní dobrodruzi se již teď zapisují mezi čekatele na týdenní výlet kolem odvrácené strany Měsíce – od Země se vzdálí víc než kdokoli jiný před nimi (vyhnou se však obtížnějšímu úkolu přistát na Měsíci a opět z něj odstartovat). Doslechl jsem se, že prý prodali lístek na druhý let, ale ne na ten první. Určitě bychom měli těmto soukromým vesmírným podnikům fandit – unesou vyšší riziko, než kterému by jakákoli západní vláda mohla vystavit civilisty financované z veřejných zdrojů, a tím snižují náklady.

Doufám, že někteří dnes žijící lidé se projdou po Marsu – půjde o dobrodružství i o krok ke hvězdám. Může jít třeba o Číňany. Přeje-li si Čína potvrdit své postavení supervelmoci přídomkem „vesmírně velkolepá", bude vskutku muset zamířit na Mars. Pouhá cesta na Měsíc, repríza toho, co USA dokázaly o padesát let dříve, by její rovnocennost nehlásala.

Možná ale budoucnost vesmírných letů s lidskou posádkou, a to i na Mars, bude na dobrodruzích financovaných ze soukromých zdrojů a připravených zúčastnit se nízkonákladového programu, který bude daleko riskantnější, než by připustila jakákoli vláda, týkal-li by se civilistů – půjde třeba dokonce i o cesty bez návratu. (Měli bychom se však vyhýbat frázi „vesmírná turistika", která lidi ukolébává, a ti se potom domnívají, že takový podnik je rutinní a nepříliš rizikový. A vnímají-li to takhle, budou nevyhnutelné nehody právě tak traumatické, jako byly nehody amerického raketoplánu. Místo toho musíme tyto výpravy s omezenými náklady „prodat" jako nebezpečný sport či neohrožený průzkum.)

Do roku 2100 už možná skupiny průkopníků založí základny nezávislé na Zemi – na Marsu nebo třeba na asteroidech. Neočekávejte však, že by kdy došlo k hromadnému vystěhování ze Země. Žádné místo v naší sluneční soustavě neskýtá prostředí byť i jen tak málo přívětivé jako Antarktida či vrcholek Mount Everestu. Vesmír nenabízí únik před pozemskými problémy.

Jaké jsou dlouhodobé vyhlídky vesmírných cest? Nejzásadnější překážka se dnes odvíjí od neodmyslitelné nehospodárnosti chemického paliva a z ní vyplývající nutnosti vézt sebou palivo o hmotnosti dalece přesahující hmotnost užitečného nákladu. Odpalovací zařízení budou levnější, pokud je bude možné navrhnout tak, aby byla z větší části plně znovupoužitelná. Dokud jsme ale odkázáni na chemické palivo, zůstanou meziplanetární cesty těžkým úkolem. Pomohl by vesmírný výtah. Přelomová by mohla být jaderná energie. Tím, že by umožnila mnohem vyšší rychlosti lodi, by adventurers are already signing up for a week-long trip round the far side of the Moon – voyaging further from Earth than anyone has been before (but avoiding the greater challenge of a Moon landing and blast-off). I'm told they've sold a ticket for the second flight but not for the first flight. We should surely cheer on these private enterprise efforts in space – they can tolerate higher risks than a western government could impose on publicly-funded civilians, and thereby cut costs.

I hope some people now living will walk on Mars – as an adventure, and as a step towards the stars. They may be Chinese. Indeed, if China wishes to assert its super-power status by a 'space spectacular' it would need to aim for Mars. Just going to the Moon, in a re-run of what the US achieved 50 years earlier, would not proclaim parity.

But perhaps the future of manned spaceflight, even to Mars, lies with privately-funded adventurers, prepared to participate in a cut-price programme far riskier than any government would countenance when civilians were involved – perhaps even one-way trips. (The phrase 'space tourism' should however, be avoided. It lulls people into believing that such ventures are routine and low-risk. And if that's the perception, the inevitable accidents will be as traumatic as those of the US Space Shuttle were. Instead, these cut-price ventures must be 'sold' as dangerous sports, or intrepid exploration.)

By 2100, groups of pioneers may have established bases independent from the Earth – on Mars, or maybe on asteroids. But don't ever expect mass emigration from Earth. Nowhere in our Solar System offers an environment even as clement as the Antarctic or the top of Everest. Space doesn't offer an escape from Earth's problems.

What are the long-term hopes for space travel? The most crucial impediment today stems from the intrinsic inefficiency of chemical fuel, and the consequent requirement to carry a weight of fuel far exceeding that of the payload. Launchers will get cheaper when they can be designed to be more fully reusable. But so long as we are dependent on chemical fuels, interplanetary travel will remain a challenge. A space elevator would help. Nuclear power could be transformative. By allowing much higher in-course speeds, it would drastically cut the transit times to Mars or the asteroids (reducing not only astronauts' boredom, but their exposure to damaging radiation).

drasticky omezila dobu letu k Marsu či asteroidům (což by zmírnilo nejen nudu astronautů, ale i jejich vystavení škodlivému záření).

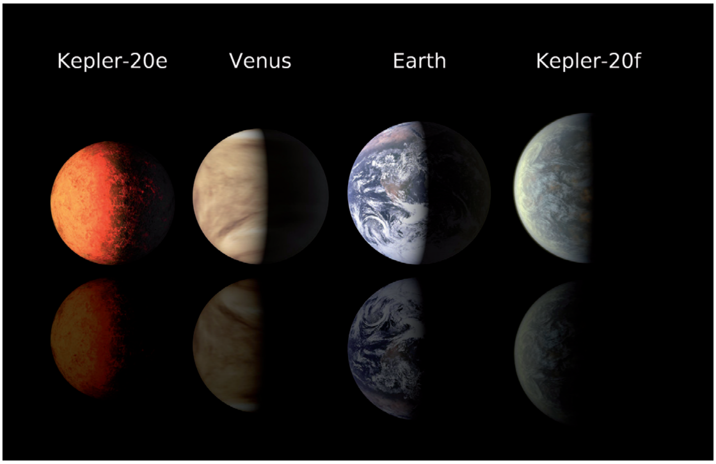
Další otázka, kterou všichni slycháme, zní – je tam už někde život?

Zdá se, že v naší sluneční soustavě jsou vyhlídky bledé, ačkoli objev i těch nejprostších životních forem – na Marsu či v oceánech pod ledem Europy nebo Enceladu – by měl klíčový význam, zvlášť pokud bychom mohli ukázat, že jsou nezávislého původu. Vyhlídky se ale zlepší, rozšíříme-li svůj obzor k ostatním hvězdám – daleko mimo dosah jakékoli sondy, jakou si teď dokážeme představit.

3. EXOPLANETY A HVĚZDY

Snad nejžhavějším tématem současné astronomie je zjištění, že mnoho jiných hvězd – a možná i většinu z nich – obíhají družiny planet, jako je tomu i u Slunce. Tyto planety nejsou zaznamenávány přímo, na jejich přítomnost usuzujeme z přesných měření jejich mateřské hvězdy. Existují dvě metody:

(A) Pokud nějakou hvězdu obíhá planeta, potom se planeta i hvězda pohybují kolem společného hmotného středu – kolem těžiště. Hvězda, která je hmotnější, se pohybuje pomaleji. Drobné periodické změny Dopplerova efektu v záření hvězdy lze ale zazname-



Exoplanety. © NASA/Ames/JPL-Caltech

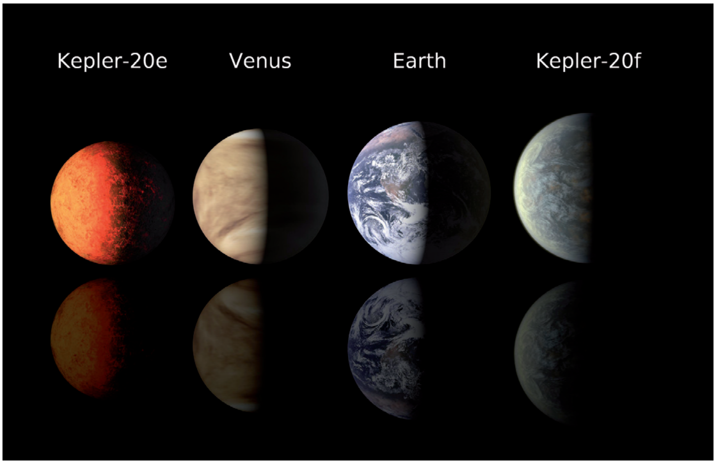
Another question we're all asked is – is there life out there already?

Prospects look bleak in our Solar System, though the discovery of even the most vestigial life-forms – on Mars, or in oceans under the ice of Europa or Enceladus – would be of crucial importance, especially if we could show they had an independent origin. But prospects brighten if we widen our horizons to other stars – far beyond the scale of any probe we can now envisage.

3. EXOPLANETS AND STARS

Perhaps the hottest current topic in astronomy is the realisation that many other stars – perhaps even most of them – are orbited by retinues of planets, like the Sun is. The planets aren't detected directly but inferred by precise measurement of their parent star. There are two methods:

(A) If a star is orbited by a planet, then both planet and star move around their centre of mass – the barycentre. The star, being more massive, moves slower. But the tiny periodic changes in the star's Doppler effect can be detected by very precise spectroscopy. By now, more than 500 exo-solar planets have been inferred in this way. We can infer their mass, the length of their 'year', and the



Exoplanets. © NASA/Ames/JPL-Caltech

nat velmi přesnou spektroskopií. Dnes už takto byla odvozena existence více než 500 extrasolárních planet. Můžeme vydedukovat jejich hmotnost, délku jejich „roku" a tvar jejich oběžné dráhy. Tyto důkazy se týkají hlavně „obřích" planet – objektů o velikosti Saturnu či Jupiteru. Zachytit planety podobné Zemi – stokrát méně hmotné – je opravdovou výzvou. U své mateřské hvězdy vyvolávají pohyb pouhých centimetrů za sekundu.

(B) Je tu ale druhý postup, který u malých planet funguje lépe. Když planeta „tranzituje" před hvězdou, ta lehce pohasne. Planeta podobná Zemi přecházející přes hvězdu podobnou Slunci vyvolá nepatrné ztemnění o asi jednu desetitisícinu, které se opakuje jednou za oběh. Vesmírná sonda Kepler hleděla déle než tři roky vytrvale do jisté oblasti oblohy o průměru sedmi stupňů – sledovala přinejmenším dvakrát každou hodinu jasnost více než 150000 hvězd s přesností jedné stotisíciny. Už teď nalezla přes 2000 planet, z nichž mnohé nejsou větší než Země. A to zaznamenává samozřejmě pouze tranzity těch, jejichž oběžná rovina je téměř zarovnaná se směrem našeho pohledu. Zvláště se zajímáme o možná „dvojčata" naší Země – planety téže velikosti na oběžných drahách, kde je taková teplota, že voda se ani nevaří, ani nezůstává zamrzlá. V napozorovaném vzorku již byly některé z nich zaznamenány, což naznačuje, že v Galaxii jsou miliardy planet podobných Zemi.

Vlastním cílem samozřejmě je spatřit přímo tyto planety – nejen jejich stíny. To je ale obtížné. Abychom si uvědomili, jak moc těžké to je, předpokládejme, že nějaký mimozemský astronom s výkonným dalekohledem pozoruje Zemi ze vzdálenosti (řekněme) 30 světelných let – ze vzdálenosti nějaké nedaleké hvězdy. Naše planeta by vypadala, slovy Carla Sagana, jako „bleděmodrá tečka" hodně blízko u jedné hvězdy (našeho Slunce), která září mnohomiliardkrát jasněji: svatojánská muška vedle světlometu. Pokud by ji ale bylo možné zaznamenat, a to dokonce i jako pouhou „tečku", bylo by možné vydedukovat několik jejích rysů. Odstín modré by byl lehce odlišný podle toho, zda by k mimozemským astronomům byl natočen Tichý oceán nebo pevninská plocha Eurasie. Ti by mohli odvodit délku našeho „dne", roční období, zhruba i topografii a podnebí. Na základě rozboru tohoto slabého světla by mohli usoudit, že planeta má biosféru.

shape of their orbit. This evidence pertains mainly to 'giant' planets – objects the size of Saturn or Jupiter. Detecting Earthlike planets – hundreds of times less massive – is a real challenge. They induce motions of merely centimeters per second in their parent star.

(B) But there's a second technique that works better for smaller planets. A star would dim slightly when a planet was 'in transit' in front of it. An earth-like planet transiting a sun-like star causes a fractional dimming, recurring once per orbit, of about one part in 10,000. The Kepler spacecraft pointed steadily at a 7-degree-across area of sky for more than three years – monitoring the brightness of over 150000 stars, at least twice every hour, with precision of one part in 100,000. It's already found more than 2000 planets, many no bigger than the Earth. And of course it only detects transits of those whose orbital plane is nearly aligned with our line of sight. We're specially interested in possible 'twins' of our Earth – planets the same size as ours, on orbits with temperatures such that water neither boils nor stays frozen. Some of these have already been identified in the sample, suggesting that there are billions of earth-like planets in the Galaxy.

The real goal, of course, is to see these planets directly – not just their shadows. But that's hard. To realise just how hard, suppose an alien astronomer with a powerful telescope was viewing the Earth from (say) 30 light years away – the distance of a nearby star. Our planet would seem, in Carl Sagan's phrase, a 'pale blue dot', very close to a star (our Sun) that outshines it by many billions: a firefly next to a searchlight. But if it could be detected, even just as a 'dot', several features could be inferred. The shade of blue would be slightly different, depending on whether the Pacific ocean or the Eurasian land mass was facing them. The alien astronomers could infer the length of our 'day', the seasons, the gross topography, and the climate. By analysing the faint light, they could infer that it had a biosphere.

Within 20 years, the huge E-ELT telescope planned to be built by the European Southern Observatory on a mountain in Chile (where the site has already been leveled) – with a mosaic mirror 39 metres across – will be drawing inferences like this about planets the size of our Earth, orbiting other Sun-like stars. But what most people want to know is: Could there be

Do dvaceti let bude takovéto závěry o planetách velikosti naší Země obíhajících cizí hvězdy podobné Slunci vyvozovat obrovský dalekohled E-ELT, jehož mozaikové zrcadlo bude mít napříč 39 metrů a jehož stavbu plánuje Evropská jižní observatoř na jedné hoře v Chile (místo bylo již zarovnáno do roviny). Co ale chce vědět většina lidí, je: mohl by na nich být život – třeba i inteligentní život? A tady ještě pořád jsme v říši science fiction.

Na to, abychom určili věrohodně tuto šanci, toho víme příliš málo o tom, jak vznikl život na Zemi. Co vyvolalo přechod od složitých molekul k entitám, které dokáží trávit potravu a rozmnožovat se? Mohla v tom být šťastná náhoda, která byla tak výjimečná, že k ní došlo pouze jednou v celé Galaxii. Na druhé straně mohla být tato klíčová změna za předpokladu toho „správného" prostředí téměř nevyhnutelná. Prostě to nevíme – a nevíme ani, jestli je chemie pozemského života založená na DNA a RNA jedinou možností, nebo zda je pouze jedním chemickým základem z mnoha alternativ, které se mohly realizovat někde jinde.

Navíc, i pokud je jednoduchý život široce rozšířený, nedokážeme posoudit šanci, že se rozvine do komplexní biosféry. A i kdyby se to stalo, mohl by stejně být natolik odlišný, že bychom jej nepoznali. Nebudu čekat se zatajeným dechem, ale program SETI je sázka, která stojí za to – protože úspěch v tomto pátrání by byl významným poselstvím o tom, že pojmy logiky a fyziky nejsou omezeny na hardware v lidských lebkách.

A je mimochodem příliš antropocentrické omezovat pozornost na planety podobné Zemi, i když začít s nimi je prozíravá strategie. Spisovatelé vědeckofantastické literatury mají i jiné nápady – balónovitá stvoření vznášející se hustou atmosférou planet podobných Jupiteru, roje inteligentního hmyzu atd. Třeba může život vzkvétat dokonce i na planetě vymrštěné do zamrzlé temnoty mezihvězdného prostoru, jejíž teplo pochází hlavně z vnitřní radioaktivity (proces, jenž zahřívá zemské jádro).

Měli bychom mít též na paměti, že zdánlivě umělé signály by mohly přicházet i od superinteligentních počítačů (i když ne nutně obdařených vědomím) vytvořených rasou mimozemských bytostí, která již vyhynula. Vlastně si myslím, že toto je nejpravděpodobnější možnost. Možná se již během tohoto století dozvíme, zda k biologické evoluci došlo výlučně na naší Zemi, nebo zda se celý kosmos hemží životem – a to dokonce životem s inteligencí.

I pokud je jednoduchý život běžný, nezávislou otázkou zůstává, zda je pravděpodobné, že se rozvine do čehokoli, co bychom mohli uznat za intelife on them – even intelligent life? Here we're still in the realm of science fiction.

We know too little about how life began on Earth to lay confident odds. What triggered the transition from complex molecules to entities that can metabolise and reproduce? It might have involved a fluke so rare that it happened only once in the entire Galaxy. On the other hand, this crucial transition might have been almost inevitable given the 'right' environment. We just don't know – nor do we know if the DNA/RNA chemistry of terrestrial life is the only possibility, or just one chemical basis among many options that could be realized elsewhere

Moreover, even if simple life is widespread, we can't assess the odds that it evolves into a complex biosphere. And, even it did, it might anyway be unrecognizably different. I won't hold my breath, but the SETI programme is a worthwhile gamble - because success in the search would carry the momentous message that concepts of logic and physics aren't limited to the hardware in human skulls.

And, by the way, it's too anthropocentric to limit attention to Earth-like planets even though it's prudent strategy to start with them. Science fiction writers have other ideas – balloon-like creatures floating in the dense atmospheres of Jupiter-like planets, swarms of intelligent insects, etc. Perhaps life can flourish even on a planet flung into the frozen darkness of interstellar space, whose main warmth comes from internal radioactivity (the process that heats the Earth's core).

We should also be mindful that seemingly artificial signals could come from super-intelligent (though not necessarily conscious) computers, created by a race of alien beings that had already died out. Indeed I think this is the most likely possibility, We may learn this century whether biological evolution is unique to our Earth, or whether the entire cosmos that teems with life – even with intelligence.

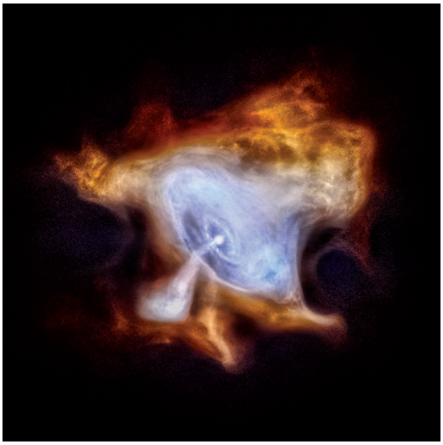
Even if simple life is common, it is a separate question whether it's likely to evolve into anything we might recognize as intelligent or complex. Perhaps the cosmos teems even with complex life; on the other hand, our Earth could be unique among the billions of planets that surely exist. That would be depressing for the searchers. But it would allow us to be less cosmically modest: Earth, though tiny, could be the most complex and interesting entity in the entire Galaxy.

ligentní či komplexní formu. A třeba se kosmos hemží dokonce i komplexním životem; na druhé straně by mezi miliardami planet, které jistě existují, mohla naše Země být i jedinečná. To by bylo pro hledače života skličující. Umožnilo by nám to ale být méně kosmicky skromní: Země, ač maličká, by mohla být tou nejkomplexnější a nejzajímavější entitou v celé Galaxii.

A teď zpět k fyzice – ta je mnohem jednodušší než biologie. To, co lidi na nově objevených planetárních soustavách překvapilo, je jejich ohromná rozmanitost. Všudypřítomnost takovýchto systémů ale překvapující nebyla. Dozvěděli jsme se, že hvězdy vznikají smršťováním oblaků prašného plynu a má-li daný oblak nějaký moment hybnosti, bude se během smršťování otáčet rychleji a vykrouží tak kolem protohvězdy prašný disk. V takovémto disku se plyn v chladnějších vnějších částech vysráží; blíž ke středu se méně těkavý prach shlukne do balvanů a planet – mělo by jít o standardní proces u všech protohvězd.

Ve zbývající části své přednášky nastíním, jak jsme kosmogonický kauzální řetězec protáhli ještě dál do minulosti – ke vzniku galaxií, hvězd, atomů a až do samého počátku k první nanosekundě velkého třesku.

Nejprve jak je to s hvězdami a atomy. Hvězdy vidíme vznikat v místech, jako je 7000 světelných let vzdálená Orlí mlhovina. A vidíme také mnoho hvězd umírat – stejně jako za asi 6 miliard let zemře i Slunce, až mu dojde vodíkové palivo, odvrhne vnější vrstvy a smíří se s tichým odchodem coby bílý trpaslík.



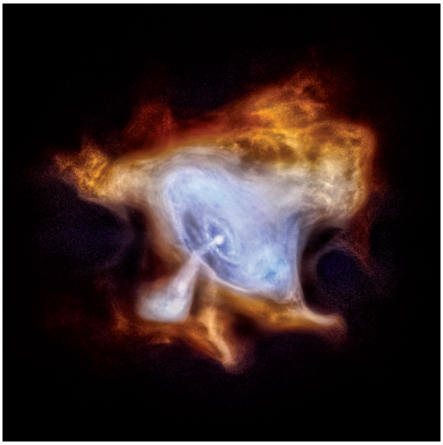
Krabí mlhovina. © NASA

Back now to the physics – far simpler than biology. What has surprised people about the newly-discovered planetary systems is their great variety. But the ubiquity of such systems wasn't surprising. We've learnt that stars form, via the contraction of clouds of dusty gas; and if the cloud has any angular momentum, it will rotate faster as it contracts, and spin off a dusty disc around the protostar. In such a disc, gas condenses in the cooler outer parts; closer in less volatile dust agglomerates into rocks and planets – this should be a generic process in all protostars.

In the rest of my talk I'll outline how the cosmogonic causal chain has been pushed back further – to the formation of galaxies, stars, atoms, and right back to the first nanosecond of the big bang.

First, what about stars and atoms? We see stars forming, in places like the Eagle Nebula, 7000 lightyears away. And we see many star dying – as the Sun will in around 6 billion years, when it exhausts its hydrogen fuel, blows off its outer layers, and settles down to a quiet demise as a white dwarf.

More massive stars die explosively as supernovae, generally leaving behind a neutron star or black hole. The most famous is the Crab Nebula, the expanding debris from a supernova recorded by oriental astronomers in 1054 AD, with, at its centre, a neutron star spinning at 30 revs/second (and these fascinating objects, natural 'laboratories' for the study of extreme physics, could be the topic for a separate lecture).



The Crab nebula. © NASA

Hmotnější hvězdy hynou výbušně jakožto supernovy a obecně po nich zůstává neutronová hvězda nebo černá díra. Nejslavnější z nich je Krabí mlhovina, rozpínající se pozůstatky supernovy zaznamenané roku 1054 astronomy z orientu, v jejímž středu leží neutronová hvězda rotující rychlostí 30 otáček za sekundu (a tyto úchvatné objekty – přírodní „laboratoře" pro studium extrémní fyziky – by mohly být tématem celé samostatné přednášky).

Supernovy jsou pro nás významné: nebýt jich, nebyli bychom tu ani my. Ke konci života velmi hmotné hvězdy v ní jaderná fúze vede ke vzniku cibulovité struktury vrstev – žhavější vnitřní slupky se propracovávají výš periodickou soustavou prvků. Tato látka je potom vyvržena při výbuchu supernovy. Trosky hvězdy se dál smísí s mezihvězdným materiálem a opět se zhustí do nových hvězd obíhaných planetami.

Tuto představu rozvíjel především Hoyle a jeho spolupracovníci. Provedli rozbor konkrétních jaderných reakcí vstupujících do hry a podařilo se jim pochopit, jak se zrodila většina atomů z periodické soustavy prvků a proč jsou například kyslík a uhlík běžné, zatímco zlato a uran jsou vzácné.

Naše Galaxie je ohromný ekosystém, v němž je plyn recyklován po sobě následujícími pokoleními hvězd. Každý z nás obsahuje atomy ukuté v desítkách různých hvězd rozesetých po celé Mléčné dráze, které žily a zanikly před více než 4,5 miliardami let a znečistily tak mezihvězdné mračno, v němž zkondenzovala Sluneční soustava.

4. ZA HRANICE NAŠÍ GALAXIE – KOSMICKÉ OBZORY

Rozšiřme nyní své prostorové obzory do mimogalaktického království. Víme, že galaxie – některé diskovité, podobné naší Mléčné dráze či Andromedě, jiné beztvaré či „eliptické" – jsou základními složkami našeho rozpínajícího se vesmíru. Co všechno se ale vlastně můžeme o galaxiích dozvědět? Fyzikové, kteří studují částice, je mohou zkoumat a nechat srážet v urychlovačích v laboratoři CERN. Astronomové ale skutečné galaxie nechat srážet nemohou. A galaxie se mění tak pomalu, že během lidského života vidíme jen momentku každé z nich. Můžeme však provádět pokusy ve „virtuálním vesmíru": počítačové simulace zahrnující gravitaci a dynamiku plynu.

Supernovae are important for us: if it wasn't for them we wouldn't be here. By the end of a massive star's life, nuclear fusion has led to an onion skin structure– with hotter inner shells processed further up the periodic table. This material is then flung out in the supernova explosion. The debris then mixes into the interstellar medium and recondenses into new stars, orbited by planets.

The concept was developed primarily by Hoyle and his associates. They analysed the specific nuclear reactions involved, and were able to understand how most atoms of the periodic table came to exist and why oxygen and carbon (for instance0 are common, whereas gold and uranium are rare.

Our Galaxy is a huge ecological system where gas is being recycled through successive generations of stars. Each of us contains atoms forged in dozens of different stars spread across the Milky Way, which lived and died more than 4.5 billion years ago, polluting the interstellar cloud in which the Solar System condensed.

4. BEYOND OUR GALAXY – COSMIC HORIZONS

Let's now enlarge our spatial horizons to the extragalactic realm. We know that galaxies – some disc-like, resembling our Milky Way or Andromeda; others amorphous 'ellipticals' – are the basic constituents of our expanding universe. But how much can we actually understand about galaxies? Physicists who study particles can probe them, and crash them together in accelerators at CERN. Astronomers can't crash real galaxies together. And galaxies change so slowly that in a human lifetime we only see a snapshot of each. But we can do experiments in a 'virtual universe': computer simulations, incorporating gravity and gas dynamics.

We can redo such simulations making different assumptions about the mass of stars and gas in each galaxy, and so forth, and see which matches the data best. Importantly, we find, by this method and others, that all galaxies are held together by the gravity not just of what we see. They're embedded in a swarm of particles that are invisible, but which collectively contribute about 5 times as much mass as the ordinary atom – the dark matter.

Galaxie v Andromedě. © NASA/JPL-Caltech

Takovéto simulace můžeme opakovat za různých předpokladů o hmotnostech hvězd a plynu v každé galaxii a tak dále a potom sledovat, které nejlépe odpovídají skutečnosti. Důležité je, že zjistíme – a to ať již tímto, či jinými postupy – že galaxie vždy drží pohromadě přitažlivost nejen toho, co vidíme. Jsou usazeny v roji částic, které jsou neviditelné, ale dohromady přispívají asi pětinásobkem hmotnosti obyčejných atomů – v temné hmotě.

A představy o tom, jak se galaxie vyvíjejí, můžeme testovat pozorováním období, kdy byly mladé. Hubbleův dalekohled se používá ke studiu „hlubokého vesmíru", kdy zorné pole pokrývá maličkou oblast oblohy, která má napříč pouhých pár úhlových minut. Vidíte stovky skvrnek – jde o galaxie, z nichž některé jsou zcela rovnocenné té naší, jsou však tak daleko, že jejich světlo se vydalo na cestu před více než 10 miliardami let – pozorujeme je v době těsně poté, co vznikly.

Co se ale stalo ještě dřív – před tím, než existovaly galaxie? Klíčovým svědectvím, jež pochází od Penziase s Wilsonem z doby před 50 lety, zde je to, že mezigalaktický prostor není zcela chladný. Je ohříván na 3 stupně nad absolutní nulou slabým mikrovlnným zářením, o němž se ví, že má téměř přesně spektrum absolutně černého tělesa. Jde o „dosvit stvoření světa" – adiabaticky ochlazovaný a zředěný pozůstatek doby, kdy vše bylo natěsnáno do horké a husté kaše. Jde o jednu z několika linií důkazů, jež nám umožnily vyjasnit model „horkého velkého třesku".

The Andromeda galaxy. © NASA/JPL-Caltech

And we can test ideas on how galaxies evolve by observing eras when they were young. The Hubble Telescope has been used to study 'deep fields', each encompassing a tiny patch of sky – just a few arc minutes across. You can see hundreds of smudges – these are galaxies, some fully the equal of our own, but they're so far away that their light set out more than 10 billion years ago – they're being viewed when they've recently formed.

But what happened still further back, before there were galaxies? The key evidence here, dating back to Penzias and Wilson 50 years ago, is that intergalactic space isn't completely cold. It's warmed to 3 degrees above absolute zero by weak microwaves, known to have an almost exact black body spectrum. This is the 'afterglow of creation' – the adiabatically cooled and diluted relic of an era when everything was squeezed hot and dense. It's one of several lines of evidence that have allowed us to firm up the 'hot big bang' model.

The background radiation was last scattered when the temperature was 3000 degrees and the free electrons combined with nuclei to mainly H and He atoms. This was after about 300,000 years of expansion. The He and D abundance was determined by nuclear reactions in the first few minutes, at temperatures of a few billion degrees. More about this later.

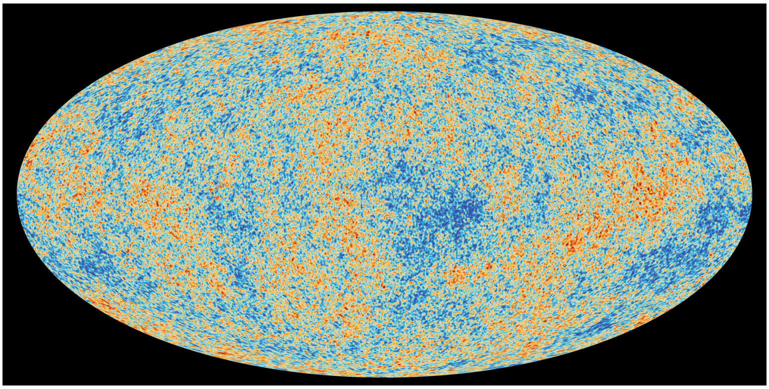
But first, let's address an issue that might seem puzzling. Our present complex cosmos manifests a huge range of temperature and density – from

Toto reliktní záření se naposledy rozptýlilo, když teplota dosáhla 3000 stupňů a volné elektrony se sloučily s jádry za vzniku atomů a to hlavně vodíku a hélia. To bylo po asi 300 000 letech rozpínání. Četnost hélia a deuteria určily jaderné reakce v prvních pár minutách za teplot pár miliard stupňů. Víc si o tom povíme později.

Nejprve se ale věnujme jedné otázce, která by nás zdánlivě mohla mást. Náš současný složitý kosmos vykazuje ohromný rozsah teplot a hustot – od rozžhavených hvězd po temnou noční oblohu. Lidé se občas trápí tím, jak tato spletitost vznikla z beztvaré výhně výbuchu. Mohlo by se zdát, že to porušuje druhý zákon termodynamiky – ten popisuje nezadržitelný sklon uspořádaných obrazců a struktur rozpadat či rozplývat se.

Odpověď na tento zdánlivý paradox spočívá v gravitační síle. Gravitace hustotní kontrasty zesiluje, místo aby je vymazávala. Expanze jakékoli oblasti, která začínala s lehce nadprůměrnou hustotou, by dále zpomalovala, protože tato oblast cítí dodatečnou přitažlivost. Její rozpínání je stále více pozadu, až se nakonec rozpínat přestane a oddělí se. Bylo vytvořeno mnoho simulací částí „virtuálního vesmíru", které modelovaly doménu dost velkou na to, aby v ní vznikly tisíce galaxií. Když tyto výpočty zobrazíme jako film, jasně ukazují, jak zárodečné struktury rostou a vyvíjejí se. Uvnitř každého shluku o velikosti galaxie zesiluje gravitace kontrasty ještě dál. Plyn je vtahován dovnitř a stlačován do hvězd.

A je tu jedna velmi důležitá věc. Počáteční fluktuace zadávané do počítačových modelů nejsou nahodilé – jsou odvozeny ze skutečně pozorovaných

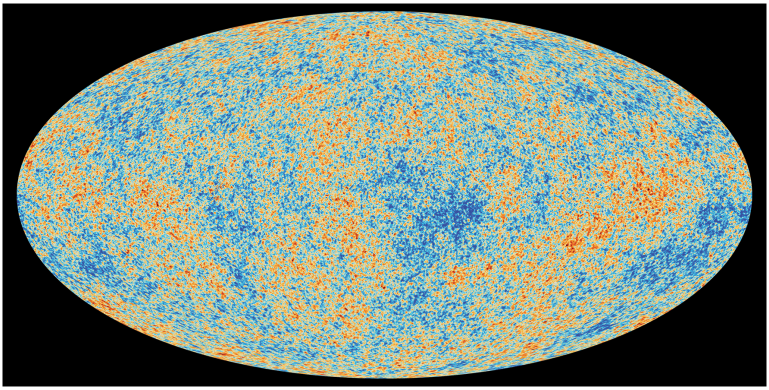


Mapa reliktního záření. © ESA and the Planck Collaboration blazingly hot stars, to the dark night sky. People sometimes worry about how this intricate complexity emerged from an amorphous fireball. It might seem to violate the second law of thermodynamics – which describes an inexorable tendency for patterns and structure to decay or disperse.

The answer to this seeming paradox lies in the force of gravity. Gravity enhances density contrasts rather than wiping them out. Any patch that starts off slightly denser than average would decelerate more, because it feels extra gravity; its expansion lags further and further behind, until it eventually stops expanding and separates out. Many simulations have been made of parts of a ‚virtual universe' – modelling a domain large enough to make thousands of galaxies. The calculations, when displayed as a movie, clearly display how incipient structures unfolds and evolves. Within each galaxy-scale clump, gravity enhances the contrasts still further; gas is pulled in, and compressed into stars.

And there is one very important point. The initial fluctuations fed into the computer models are not arbitrary – they're derived from the actually observed fluctuations in the temperature of the microwave background, which have been beautifully and precisely delineated over the whole sky by ESA's Planck Spacecraft. The amplitude of the temperature fluctuations is only one part in 100000, but computing forward, they're amplified by gravity into the conspicuous structures in the present universe.

What about the far future of our universe? In 1998 cosmologists had a big surprise. It was by then well known that the gravity of dark matter



A map of the cosmic microwave background radiation.
© ESA and the Planck Collaboration

fluktuací teploty reliktního záření, které pro celou oblohu krásně a přesně vykreslila družice Planck Evropské kosmické agentury. Amplituda těchto teplotních fluktuací je pouze jedna stotisícina, když se ale dopočítají do budoucnosti, gravitace je zesílí na výrazné struktury současného vesmíru.

A co vzdálená budoucnost našeho vesmíru? Roku 1998 na kosmology čekalo velké překvapení. Tehdy už bylo velmi dobře známo, že přitažlivost temné hmoty převažuje nad přitažlivostí běžné látky – ale také to, že temná hmota plus baryony přispívají ke kritické hustotě pouze asi 30 procenty. Mělo se za to, že z toho plyne, že jsme ve vesmíru, jehož rozpínání se zpomaluje, ale ne dost na to, aby se nakonec zastavilo. Slavný Hubbleův diagram supernov typu 1a však namísto pomalého brždění odhalil, že rozpínání se urychluje. Gravitační přitažlivost podle všeho podlehla tajemné nové síle skrývající se v prázdném prostoru, jež galaxie tlačí od sebe.

Navíc zde byly nezávislé důkazy, které tuto teorii dokládaly. Podle Einsteinovy teorie by jednoduchý vesmír o nízké hustotě měl zápornou křivost – vnitřní úhly velkého trojúhelníku by dohromady dávaly méně než 180 stupňů. To lze ověřit měřením reliktního záření. Je tomu tak proto, že existuje jistý přímočarý efekt, který způsobuje, že kolísání teploty je nápadnější pro určitou vlnovou délku – okolo 300 000 světelných let. Toto takzvané „Dopplerovské maximum“ jako první odhalil balónový experiment nazvaný Bumerang a potvrdila jej data z Plancku. Objevuje se v úhlovém měřítku, které je ve shodě s plochým vesmírem.

Pokud bychom měli pouze Hubbleův diagram pro supernovy, některé z nás by to nebylo nepřesvědčilo. Tyto dva provázané a téměř současné objevy ale společně celou věc rozhodly. Otázkou teď je povaha temné energie – je nezávislá na čase jako Einsteinova kosmologická konstanta, nebo byla v minulosti odlišná?

Dlouhodobé předpovědi jsou zřídkakdy spolehlivé, ale nejlepším a „nejkonzervativnějším“ přístupem je vsadit si na to, že před sebou máme téměř celou věčnost – stále chladnější a stále pustší kosmos. Galaxie se zrychleně vzdalují a mizí za „horizontem událostí“ – to je dost podobné naruby obrácené verzi toho, co se stane, když věci padají do černé díry. Vše, co zbyde, budou pozůstatky naší Galaxie, Andromedy a menších sousedů. Protony se mohou rozpadnout, částice temné hmoty mohou anihilovat, občas se objeví pár záblesků, jak se vypařují černé díry – a potom ticho.

dominated that of ordinary stuff – but also that dark matter plus baryons contributed only about 30 percent of the critical density. This was thought to imply that we were in a universe whose expansion was slowing down, but not enough to eventually be halted. But, rather than slowly decelerating, the Hubble diagram of Type 1a supernovae famously revealed that the expansion was speeding up. Gravitational attraction was seemingly overwhelmed by a mysterious new force latent in empty space which pushes galaxies away from each other.

Moreover there was independent evidence supporting this. According to Einstein's theory, a straightforward low-density universe would have negative curvature – the three angles of a big triangle would add up to less than 180 degrees. This can be tested from microwave background measurements. That's because there's a straightforward effect that makes the temperature ripples more conspicuous for a particular wavelength – about 300,000 light years. This so-called 'doppler peak' was first revealed by a balloon-borne experiment called Boomerang, and has been confirmed by the Planck data. It's on an angular scale that's consistent with a flat universe.

If we'd just had the supernova Hubble diagram, some of us wouldn't have been convinced. But these two interlinked and almost simultaneous discoveries together clinched the case. The issue now is the nature of the dark energy – is it time-independent, like Einstein's cosmological constant, or was it different in the past?

Long-range forecasts are seldom reliable, but the best and most 'conservative' bet is that we have almost an eternity ahead – an ever colder and ever emptier cosmos. Galaxies accelerate away and disappear over an 'event horizon' – rather like an inside out version of what happens when things fall into a black hole. All that's left will be the remnants of our Galaxy, Andromeda, and smaller neighbours. Protons may decay, dark matter particles annihilate, occasional flashes when black holes evaporate – and then silence.

5. VELMI RANÝ VESMÍR – SPEKULATIVNĚJŠÍ MYŠLENKY

Vrátit se dokážeme až k první sekundě po počátečním okamžiku. Vlastně si pravděpodobně můžeme být jistí až do jedné nanosekundy: tehdy měla každá částice energii okolo 50 GeV – jde o energii, jíž lze dosáhnout na LHC – a celý viditelný vesmír byl směstnán do objemu naší sluneční soustavy. Otázky jako „Odkud pocházely tyto fluktuace?" a „Proč raný vesmír obsahoval právě tu směs protonů, fotonů a temné hmoty, kterou pozorujeme?" nás ale vedou zpět k ještě dřívějším okamžikům, kdy byl náš vesmír ještě nepoměrně stlačenější a kdy energie dosahovaly hodnoty 10^16 GeV – zde nám pokusy nenabízejí žádné přímé vodítko ohledně příslušné fyziky.

V tomto okamžiku bych měl zařadit jedno „zdravotní varování", protože následující rozprava začíná být mnohem spekulativnější. Podle jedné oblíbené teorie byl při energii 10^16 GeV celý objem, který vidíme svými dalekohledy, hyperhustou hrudkou, jež nebyla větší nežli jablko. A ta nakypěla z čehosi přinejmenším bilionkrát menšího než atomové jádro.

Model takzvaného „inflačního vesmíru" je již doložen množstvím faktů. Může však být užitečné shrnout si zásadní požadavky na vznik našeho složitého a strukturovaného kosmu z prostých a beztvarých počátků.

(i) Prvním předpokladem je samozřejmě existence gravitační síly – která, jak se vesmír rozpíná, zvýrazňuje hustotní kontrasty (jak jsme si už vysvětlili dříve), což umožňuje kondenzaci vázaných struktur z původních nepravidelností o malé amplitudě. Jde o velice slabou sílu. V atomárním měřítku je asi deset na 40 krát slabší než elektrická síla mezi elektronem a protonem. V jakémkoli velkém objektu se ale kladné a záporné náboje téměř přesně vyruší. Vše má naopak stejné „znaménko" gravitačního náboje, takže když k sobě napěchujete dostatečný počet atomů, zvítězí gravitace. Hvězdy a planety jsou ale tak velké proto, že gravitace je slabá. Byla-li by silnější, už i objekty velké jako asteroidy (nebo dokonce jen tak malé jako kostka cukru) by byly gravitací rozdrceny. Ačkoli je tedy gravitace klíčová, je také klíčové, aby byla velmi slabá.

(ii) Musí existovat přebytek hmoty nad antihmotou.

5. THE VERY EARLY UNIVERSE – MORE SPECULATIVE THOUGHTS

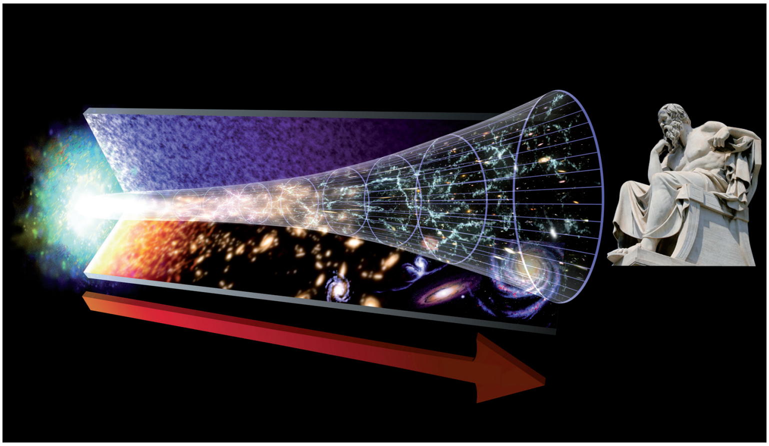
We can trace back to 1 second after the initial instant. Indeed we can probably be confident back to a nanosecond: that's when each particle had about 50 GeV of energy – as much as can be achieved in the LHC – and the entire visible universe was squeezed to the size of our solar system. But questions like 'where did the fluctuations come from?' and "why did the early universe contain the actual mix we observe of protons, photons and dark matter?" take us back to the even briefer instants when our universe was hugely more compressed still – when energies were 10^16Gev, where experiments offer no direct guide to the relevant physics.

At this point, I should insert a 'health warning' because the discourse hereafter becomes much more speculative. According to a popular theory, the entire volume we can see with our telescopes was at 10^16 GeV, a hyper-dense blob no bigger than an apple. And it had inflated from something at least a trillion times smaller than an atomic nucleus

The so-called 'inflationary universe' model is supported already by much evidence. But it may be useful to summarise the essential requirements for the emergence of our complex and structured cosmos from simple amorphous beginnings.

(i) The first prerequisite is of course the existence of the force of gravity – which (as explained earlier) enhances density contrasts as the universe expands, allowing bound structures to condense out from initially small-amplitude irregularities. It's a very weak force. On the atomic scale, it's about 40 powers of ten weaker than the electric force between electron and proton. But in any large object, positive and negative charges almost exactly cancel, In contrast, everything has the same 'sign' of gravitational charge so when sufficiently many atoms are packed together, gravity wins. But stars and planets are so big because gravity is weak. Were gravity stronger, objects as large as asteroids (or even sugar-lumps) would be crushed by gravity. So, though gravity is crucial, it's also crucial that it should be very weak.

(ii) There must be an excess of matter over antimatter.



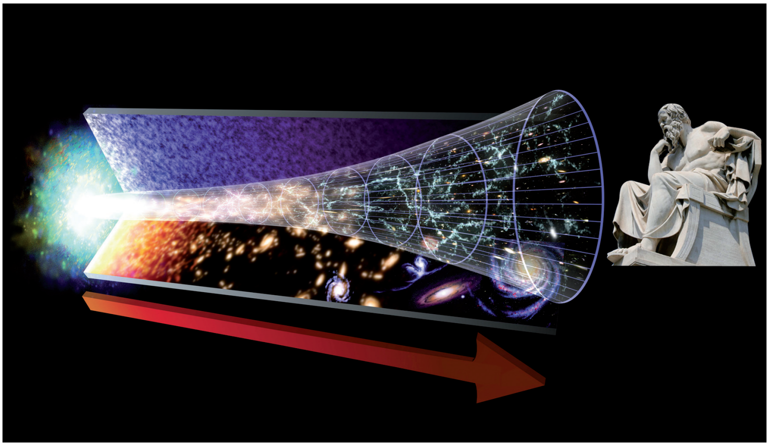
Velký třesk. © NASA

(iii) Dalším požadavkem na hvězdy, planety a biosféry je, aby jejich chemie byla netriviální. Pokud by jediným prvkem byl vodík, chemie by byla fádní. Periodická soustava stabilních prvků vyžaduje rovnováhu mezi dvěma nejdůležitějšími silami v mikrosvětě: jadernou vazebnou silou („silnými interakcemi“) a elektrickou odpudivou silou, která protony žene od sebe.

(iv) Musí existovat hvězdy – dostatek běžných atomů v porovnání s temnou hmotou. (Vlastně musí existovat přinejmenším dvě generace hvězd: jedna, která vytvoří chemické prvky, a druhá, která může být obklopena planetami.)

(v) Vesmír se musí rozpínat „správnou“ rychlostí – nesmí se zhroutit příliš brzy, ani se rozepnout tak rychle, že by gravitace nemohla uspořádat příslušné struktury.

(vi) Musí tu být určité fluktuace, na nichž se gravitace přiživí – s dostatečnou amplitudou, aby umožňovaly vznik struktur. Jinak by teď vesmír byl jen chladný, nesmírně rozptýlený vodík – žádné hvězdy, žádné těžší prvky, žádné planety a žádní lidé. V našem skutečném vesmíru mají počáteční fluktuace kosmické křivosti amplitudu 0,00001. Podle inflačních modelů je tato amplituda dána kvantovými fluktuacemi. Její skutečná hodnota závisí na detailech daného modelu.



The Big Bang. © NASA

(iii) Another requirement for stars, planets and biospheres is that chemistry should be non-trivial. If hydrogen were the only element, chemistry would be dull. A periodic table of stable elements requires a balance between the two most important forces in the microworld: the nuclear binding force (the 'strong interactions') and the electric repulsive force that drives protons apart.

(iv) There must be stars – enough ordinary atoms relative to dark matter. (Indeed there must be at least two generations of stars: one to generate the chemical elements, and a second able to be surrounded by planets.)

(v) The universe must expand at the 'right' rate – not collapse too soon, nor expand so fast that gravity can't pull together the structures.

(vi) There must be some fluctuations for gravity to feed on – sufficient in amplitude to permit the emergence of structures. Otherwise the universe would now be cold ultra-diffuse hydrogen – no stars, no heavy elements, no planets and no people. In our actual universe, the initial fluctuations in the cosmic curvature have an amplitude 0.00001.According to inflationary models, this amplitude is determined by quantum fluctuations. Its actual value depends on the details of the model.

A je tu ještě další zásadní otázka: jak velká je fyzikální realita? Vidíme pouze konečný objem – konečný počet galaxií. Je tomu tak v podstatě proto, že tu je jistý horizont: skořápka kolem nás, která vymezuje vzdálenost, již světlo dokázalo urazit od velkého třesku. Tato skořápka ale nemá o nic větší fyzikální význam než kružnice, která vymezuje váš obzor, když jste vprostřed oceánu. Za horizontem bychom očekávali mnohem víc galaxií.

V rámci viditelného vesmíru není znát žádný gradient teploty ani hustoty: to naznačuje, že dokonce i pokud je vesmír konečného rozsahu, prostírá se ještě tisíckrát dál. To je ale pouze minimum. Pokud by prostor sahal dost daleko, potom by se zde opakovaly všechny kombinatorické možnosti. Daleko za horizontem bychom my všichni mohli mít své avatary. Ať je to jak chce, dokonce i konzervativní astronomové si jsou jisti, že objem prostoročasu v dosahu našich dalekohledů – jenž astronomové tradičně nazývají „vesmír“ – je pouze nepatrným zlomkem dozvuků našeho velkého třesku.

A je tu ještě cosi dalšího. Přijatelné modely fyziky za ultravysokých energií, kdy mohlo dojít k inflaci, vedou k takzvané „věčné inflaci“. „Náš“ velký třesk by mohl být pouhým jedním ostrůvkem prostoročasu v ohromném kosmickém souostroví – v multiverzu.

Klíčové otázky potom zní:

(i) Došlo k jednomu velkému třesku, nebo k mnoha?

(ii) Pokud je jich víc, jsou vždy přesnými vzájemnými kopiemi, nebo „přehrávají“ všechny variace na téma fyzikálních zákonů a konstant, takže většina se jich „zrodí“ mrtvá a my se nacházíme v jednom vesmíru z té podmnožiny, která umožňuje vznik komplexních struktur (takzvaný „antropický výběr“)?

Jde o spekulativní fyziku – jde však o fyziku, nikoli metafyziku. Je tu naděje, že se vše vyjasní. Další studium fluktuací reliktního záření nám odhalí příslušná vodítka. Důležitější je ale to, že pokud by fyzikové vypracovali sjednocenou teorii silné a elektromagnetické interakce – a tato teorie by byla ověřena nebo podpořena pozorováním v našem světě nízkých energií – brali bychom potom vážně, co tato teorie předpovídá o inflační fázi a jak ve skutečnosti znějí odpovědi na výše uvedené dvě otázky.

Pokud odpověď na bod (ii) zní „ano“, potom to, co nazýváme „přírodními zákony“, mohou být z nejobecnějšího pohledu pouhé místní vyhlášky, And here's another fundamental question: How large is physical reality? We can only see a finite volume – a finite number of galaxies. That's essentially because there's a horizon: a shell around us, delineating the distance light can have travelled since the big bang. But that shell has no more physical significance than the circle that delineates your horizon if you're in the middle of the ocean. We'd expect far more galaxies beyond the horizon.

There's no perceptible gradient in temperature or density across the visible universe: this suggests that, even if it's of finite extent, it stretches thousands of times further. But that's just a minimum. If space stretched far enough, then all combinatorial possibilities would be repeated. Far beyond the horizon, we could all have avatars. Be that as it may, even conservative astronomers are confident that the volume of space-time within range of our telescopes – what astronomers have traditionally called 'the universe' – is only a tiny fraction of the aftermath of our big bang.

And there's something else. Plausible models for the physics at the ultra-high energies where inflation could have occurred lead to so-called 'eternal inflation'. 'Our' big bang could be just one island of space-time in a vast cosmic archipelago – a multiverse..

Key questions then are:

(i) Is there one big bang, or many?
(ii) If there are many, are they all replicas of each other, or do they 'ring the changes' on the laws and constants of physics, so that most are 'stillborn' and we find ourselves in one of the subset that allow complexity to emerge (so called 'anthropic selection') ?

This is speculative physics – but it's physics, not metaphysics. There's hope of firming it up. Further study of the fluctuations in the background radiation will reveal clues. But, more important, if physicists developed a unified theory of strong and electromagnetic forces – and that theory is tested or corroborated in our low-energy world – we would then take seriously what it predicts about an inflationary phase and what the answers to the two questions above actually are.

If the answer to (ii) is 'yes', then what we call ‚laws of nature' may in the grandest perspective be mere local bylaws governing our cosmic patch.

jimiž se řídí náš kosmický okrsek. Mnoho oblastí by mohlo být mrtvých či neživých – zákony, jež v nich panují, nemusí připouštět jakýkoli druh komplexních struktur. Proto bychom nečekali, že bychom se nacházeli v typickém vesmíru – spíše bychom byli v typickém prvku podmnožiny, kde by se mohl vyvinout pozorovatel. Právě to je antropický výběr.

Tuto přednášku jsem začal popisem nově objevených planet obíhajících cizí hvězdy. Rád bych zde uvedl retrospektivu planetární nauky před 400 lety – dokonce ještě před Newtonem. Tou dobou se Kepler domníval, že sluneční soustava je jedinečná a že souvislost oběžné dráhy Země s ostatními planetami je dána krásnými matematickými poměry, v nichž vystupují platónské pravidelné mnohostěny. Dnes jsme si vědomi toho, že existují miliardy hvězd, z nichž každá má planetární soustavu. Dráha Země je význačná pouze tím, že leží v rozsahu poloměrů a excentricit slučitelných se životem (není např. ani příliš chladná a ani příliš horká na to, aby umožnila existenci tekuté vody).

Možná nás čeká obdobný posun v uvažování a to v mnohem grandióznějším měřítku. Náš velký třesk nemusí být výjimečný o nic víc než planetární soustavy. Jeho parametry mohou být pouze nahodilými vlastnostmi místního prostředí stejně jako detaily zemské oběžné dráhy. Naděje na ně-

Multiverzum. © Ivana Havránková

Many patches could be still-born or sterile – the laws prevailing in them might not allow any kind of complexity. We therefore wouldn't expect to find ourselves in a typical universe – rather, we'd be in a typical member of the subset where an observer could evolve. This is anthropic selection.

I started this talk by describing newly-discovered planets orbiting other stars. I'd like to give a flashback to planetary science 400 years ago – even before Newton. At that time, Kepler thought that the Solar System was unique, and Earth's orbit was related to the other planets by beautiful mathematical ratios involving the Platonic regular solids. We now realise that there are billions of stars, each with planetary systems. Earth's orbit is special only insofar as it's in the range of radii and eccentricities compatible with life (e.g. not too cold and not too hot to allow liquid water to exist).

Maybe we're due for an analogous conceptual shift, on a far grander scale. Our big bang may not be unique, any more than planetary systems are. Its parameters may be 'environmental accidents', like the details of the Earth's orbit. The hope for neat explanations in cosmology may be as vain as Kepler's numerological quest.

If there is a multiverse, it will take our Copernican demotion one stage further – our solar system is one of billions of planetary systems in our

The multiverse. © Ivana Havránková

jaké čisté vysvětlení jsou v kosmologii možná právě tak plané jako Keplerovo numerologické tažení.

Pokud existuje multiverzum, dotáhne naši koperníkovskou degradaci ještě o jeden stupeň dál – naše sluneční soustava je jednou z miliard planetárních soustav v naší Galaxii, jež je jednou z miliard galaxií dostupných našim dalekohledům – celé toto panoráma je ale možná pouze nepatrnou částí dozvuku „našeho“ velkého třesku – který je možná sám o sobě jen jedním z miliard. Někteří fyzikové mohou být rozčarovaní, pokud se ukáže, že některá z klíčových čísel, která se snaží vysvětlit, jsou pouze lokálními eventualitami, které nejsou o nic „fundamentálnější“ než parametry zemské oběžné dráhy kolem Slunce. Výměnou za to bychom si ale uvědomili, že prostor a čas mají bohatou texturu – v měřítcích tak ohromných, že astronomové si jí nejsou přímo vědomi o nic víc, než by si byl topografie světa a biosféry vědom plankton, jehož „vesmírem“ je lžička vody.

Na jedné konferenci ve Stanfordu probíhala panelová diskuze, kde byla účastníkům položena otázka, jak moc by si vsadili na představu multiverza. Řekl jsem, že na stupnici „Vsadil byste svou zlatou rybičku, svého psa, nebo sebe?“ jsem byl skoro na úrovni psa. Andrej Linde prohlásil, že si je mnohem jistější – koneckonců myšlence věčné inflace zasvětil 25 let svého života. A velký teoretik Steven Weinberg později řekl, že by klidně vsadil psa Martina Reese i život Andreje Lindeho.

Dosáhli jsme úžasného pokroku. Před padesáti lety nevěděli kosmologové, zda došlo k velkému třesku. Dnes dokážeme odvozovat docela přesné závěry až do času jedna nanosekunda. Takže debaty, které teď vypadají jako potrhlé spekulace, budou za padesát let mít možná už pevnější základ. Je ale důležité zdůraznit, že pokrok bude i nadále – stejně jako tomu bylo až dosud – záviset z 95 procent na zdokonalujících se přístrojích a technice a z méně než 5 procent na salónní teorii.

6. ODBOČKA

Obecná relativita a kvantová teorie jsou sesterské pilíře fyziky dvacátého století. Nebyly však dosud skloubeny do jediné sjednocené teorie. Ve většině kontextů nám to nepřekáží, protože oblasti, kde jsou tyto teorie podstatné, se nepřekrývají. Astronomové si nemusejí všímat kvantové rozmaza-

Galaxy, which is one of billions of galaxies accessible to our telescopes – but this entire panorama may be a tiny part of the aftermath of 'our' big bang – which itself may be one among billions. It may disappoint some physicists if some of the key numbers they are trying to explain turn out to be mere environmental contingencies – no more 'fundamental' than the parameters of the Earth's orbit round the Sun. But in compensation, we'd realize space and time were richly textured – but on scales so vast that astronomers aren't directly aware of it – any more than a plancton whose 'universe' was a spoonful of water, would be aware of the world's topography and biosphere.

At a conference in Stanford there was a panel discussion where the panellists were asked how strongly they'd bet on the multiverse concept. I said that, on the scale would you bet your goldfish, your dog or yourself, I was almost at the dog level. Andre Linde said he was far more confident – after all he'd devoted 25 years of his life to the eternal inflation idea. And the great theorist Steven Weinberg later said that he'd happily bet Martin Rees's dog and Andre Linde's life.

We've made astonishing progress. Fifty years ago, cosmologists didn't know if there was a big bang. Now, we can draw quite precise inferences back to a nanosecond. So in fifty years, debates that now seem flaky speculation may have been firmed up. But it's important to emphasise that progress will continue to depend, as it has up till now, 95 percent on advancing instruments and technology – less than 5 percent on armchair theory.

6. A DIGRESSION

General relativity and quantum theory are the twin pillars of 20th century physics. But they haven't yet been meshed together into a single unified theory. In most contexts, this does not impede us because the domains of relevance do not overlap. Astronomers can ignore quantum fuzziness when calculating the motions of planets and stars (right hand side). Conversely, chemists can safely ignore gravitational forces between individual atoms in a molecule because they are nearly 40 powers of ten feebler than electrical forces. But at the very beginning, <u>everything</u> was squeezed so small that quantum fluctuations could, as it were, 'shake' the entire universe.

nosti, když počítají pohyby planet a hvězd. Naopak chemici mohou bezpečně ignorovat gravitační síly mezi jednotlivými atomy v molekule, protože ty jsou téměř deset na čtyřicátou krát slabší než síly elektrické. V samém počátku ale bylo vše namačkáno tak těsně, že kvantové fluktuace dokázaly takříkajíc „otřást“ celým vesmírem.

My sami jsme v logaritmickém měřítku někde uprostřed mezi atomy a hvězdami: dost velcí v porovnání s atomy, abychom měli vrstvu za vrstvou složitých struktur, ale ne tak velcí, že by nás rozdrtila přitažlivost naší planety. (Geometrický průměr hmotnosti protonu a hmotnosti Slunce je 50 kilogramů.) Abychom porozuměli sami sobě, musíme rozumět atomům, z nichž se skládáme, a hvězdám, jež vytvořily tyto atomy. Pochopit byť i jen hmyz s jeho vrstvou za vrstvou složitých struktur je obtížnější než v případě hvězdy, kde intenzivní žár a gravitační stlačování brání složité chemii.

A to je důvod, proč 99 procent vědců nejsou ani částicoví fyzikové, ani astronomové: nepracují ani na velmi malém, ani na velmi velkém, nýbrž na velmi složitém, což sebou nese ty nejobtížnější ze všech úkolů.

Vědecké obory jsou někdy připodobňovány k různým podlažím vysoké budovy – částicová fyzika je v přízemí, potom zbytek fyziky, potom chemie a tak dále: až nahoru k psychologii – a ekonomům ve střešním apartmánu. Existuje i odpovídající hierarchie složitosti – atomy, molekuly, buňky, organizmy a tak dále.

Tato analogie s budovou je ale chabá. Vědecké obory na „vyšších úrovních“, které se zabývají složitými systémy, nejsou ohroženy nejistým základem, jako je tomu v případě budovy. Každá úroveň má své vlastní nezávislé pojmy a teorie. Chceme-li pochopit, proč v proudění dojde k turbulenci nebo proč se lámou vlny, jsou subatomární detaily nepodstatné. S tekutinou zacházíme jako se spojitým prostředím. Albatros se dle očekávání vrátí na své hnízdo poté, co při toulkách jižními moři urazil desítky tisíc kilometrů. Nejde však o tentýž druh předpovědi, jakou činí astronomové ohledně nebeských drah a zatmění.

Nehledě na to, jak je co složité – lámající se vlny, stěhovaví ptáci a rovníkové pralesy – je vše tvořeno atomy a vše se řídí rovnicemi kvantové fyziky. I kdyby ale bylo možné Schrödingerovu rovnici vyřešit, její řešení by nám nepřineslo ono poučení, jež vědci hledají. Redukcionizmus má v jistém smyslu pravdu. Málokdy má ale pravdu v <u>užitečném</u> slova smyslu. Každý vědecký obor má své vlastní nezávislé pojmy a zákony.

We ourselves – are midway – on a log scale – between atoms and stars: large enough, compared to atoms, to have layer upon layer of intricate structure; but not so large that we're crushed by our planet's gravity. (The geometric mean of a proton mass and the Sun's mass is 50 kilograms). To understand ourselves, we must understand the atoms we're made of, and the stars that made those atoms. Even an insect, with its layer upon layer of complexity is harder to understand than a star, where intense heat and compression by gravity precludes complex chemistry.

And that is why 99 percent of scientists are neither particle physicists nor astronomers: they work neither on the very small nor on the very large, but, instead, on the very complex, which presents the greatest challenges of all.

The sciences are sometimes likened to different levels of a tall building – particle physics on the ground floor, then the rest of physics, then chemistry, and so forth: all the way up to psychology – and the economists in the penthouse. There is a corresponding hierarchy of complexity – atoms, molecules, cells, organisms, and so forth.

But the analogy with a building is poor. The 'higher level' sciences dealing with complex systems aren't imperilled by an insecure base, as a building is. Each level has its own autonomous concepts and theories. To understand why flows go turbulent, or why waves break, subatomic details are irrelevant. We treat the fluid as a continuum. An albatross returns predictably to its nest after wandering ten thousand miles in the southern oceans. But this is not the same kind of prediction as astronomers make of celestial orbits and eclipses.

Everything, however complicated – breaking waves, migrating birds, and tropical forests – is made of atoms and obeys the equations of quantum physics. But even if Schrodinger's equation could be solved, its solution wouldn't offer the enlightenment that scientists seek. Reductionism is true in a sense. But it's seldom true in a useful sense. Each science has its own autonomous concepts and laws.

Phenomena with different levels of complexity are understood in terms of different irreducible concepts – turbulence, survival, alertness, and so forth. The brain is an assemblage of cells; a painting is an assemblage of chemical pigment. But in both cases what's important and interesting is the pattern and structure – the emergent complexity.

Jevy s odlišnou úrovní složitosti jsou chápány z pohledu odlišných neredukovatelných pojmů – turbulence, přežití, ostražitost a tak dále. Mozek je seskupením buněk; obraz je seskupením chemických barviv. To, co je ale v obou případech důležité a zajímavé, je schéma a struktura – rodící se složitost.

To byla odbočka, která měla vyzdvihnout jednotu vědy – a též skromné gesto úcty vůči 99 procentům vědců, kteří nejsou ani částicovými fyziky ani kosmology.

7. ZÁVĚREČNÝ VÝHLED

Nakonec se z kosmu – nebo případně taky z ohromné sbírky kosmů řídících se úplně odlišnými zákony – chci vrátit zpět a soustředit se lépe na to, co se děje tady a teď. Často jsem tázán, zda existuje nějaký zvláštní úhel pohledu, jenž mohou astronomové vědě a filozofii nabídnout. Svou domovskou planetu vidíme v kontextu nesmírného kosmu. A v nadcházejících desetiletích se dozvíme, zda tam někde není život. Podstatnější ale je, že astronomové mohou nabídnout povědomí o nezměrné budoucnosti.

Ohromné časové rozpětí předchozí evoluce je již součástí všeobecné kultury (možná ne v Kentucky a ani v některých částech muslimského světa). Darwinizmus nám říká, že naše stávající biosféra je výsledkem více než čtyř miliard let vývoje.

Většina z nás se přesto stále ještě domnívá, že my lidé jsme nutně vrcholem evolučního stromu. Astronomovi to stěží přijde věrohodné – vlastně jsme pravděpodobně stále ještě blíž začátku než konci. Naše Slunce vzniklo před 4,5 miliardami let, ale před sebou má dalších 6 miliard let, než mu dojde palivo. Potom vzplane a pohltí vnitřní planety. A rozpínající se vesmír půjde dál – možná navždy – a jeho osudem je být stále chladnější, stále prázdnější. Abych ocitoval Woodyho Allena: věčnost je velmi dlouhá, zvlášť ke konci.

Jakékoli bytosti, které budou za 6 miliard let svědky skonu Slunce, tudíž nebudou lidé – budou od nás zrovna tak odlišní, jako se my lišíme od brouků. Evoluce následující po období člověka – zde na Zemi i daleko od ní – by mohla trvat stejně dlouho jako evoluce darwinovská, která dospěla k nám – a dokonce by mohla být i úžasnější. A tato evoluce je nyní samo-

That was a digression to highlight the unity of science – plus a gesture of deferential modesty towards the 99 percent of scientists are neither particle physicists nor cosmologists.

7. CONCLUDING PERSPECTIVE

Finally, I want to draw back from the cosmos – even from what may be a vast array of cosmoses, governed by quite different laws – and focus back closer to the here and now. I'm often asked – is there a special perspective that astronomers can offer to science and philosophy? We view our home planet in a vast cosmic context. And in coming decades we'll know whether there's life out there. But, more significantly, astronomers can offer an awareness of an immense future

The stupendous timespans of the evolutionary past are now part of common culture (maybe not in Kentucky, or in parts of the Muslim world). Darwinism tells us how our present biosphere is the outcome of more than four billion years of evolution.

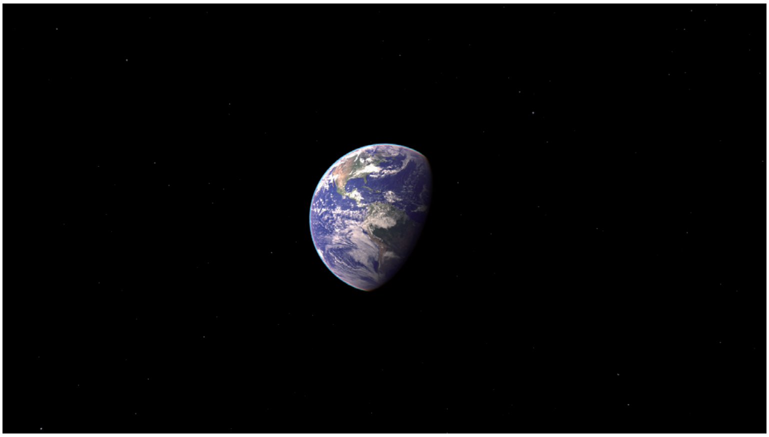
But most people still somehow think we humans are necessarily the culmination of the evolutionary tree. That hardly seems credible to an astronomer – indeed, we are probably still nearer the beginning than the end. Our Sun formed 4.5 billion years ago, but it's got 6 billion more before the fuel runs out. It then flares up, engulfing the inner planets. And the expanding universe will continue – perhaps for ever – destined to become ever colder, ever emptier. To quote Woody Allen, eternity is very long, especially towards the end.

Any creatures witnessing the Sun's demise 6 billion years hence won't be human – they'll be as different from us as we are from a bug. Posthuman evolution – here on Earth and far beyond --could be as prolonged as the Darwinian evolution that's led to us – and even more wonderful. And of course this evolution is even faster now – it happens on a technological timescale, operating far faster than natural selection and driven by advances in genetics and in artificial intelligence (AI).We don't know whether the long term future lies with organic or silicon-based life.

But my final thought is this. Even in this 'concertinered' timeline – extending billions of years into the future, as well as into the past – this zřejmě dokonce ještě rychlejší – dochází k ní na časových škálách daných technikou. Funguje tedy daleko rychleji než přírodní výběr a kupředu ji žene pokrok genetiky a umělé inteligence. Nevíme, zda daleká budoucnost spočívá v organickém životě, nebo v životě založeném na křemíku.

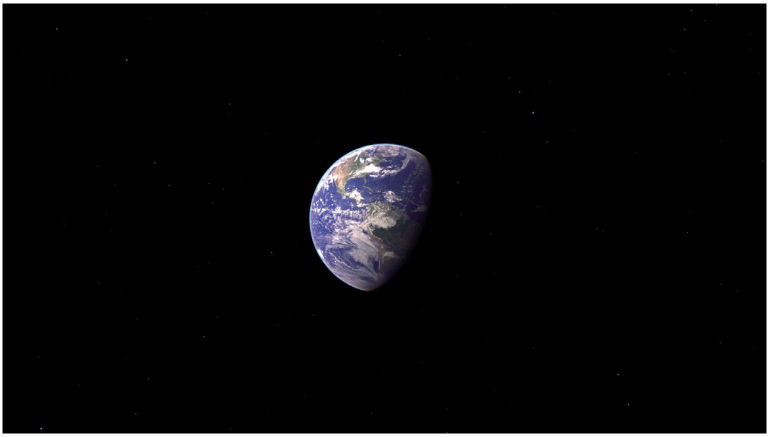
Moje závěrečná myšlenka je však následující: dokonce i na této „harmonikovité" časové ose táhnoucí se miliardy let do budoucnosti i do minulosti je toto století možná oním určujícím okamžikem. Hrozby pro lidstvo přicházely po většinu dějin z přírody – choroby, zemětřesení, povodně a tak dále. Toto století je ale specifické. Jde o první století, kdy jeden druh – ten náš – má budoucnost Země ve svých rukou a mohl by nezměrný potenciál života ohrozit. Vstoupili jsme do geologického období zvaného antropocén.

Naše Země, tato „bleděmodrá tečka" v kosmu, je výjimečné místo. Třeba jde o jedinečné místo. A my jsme jeho správci v opravdu klíčové době. To je důležité poselství pro nás všechny, ať už se o astronomii zajímáme, či nikoliv.



century may be a defining moment. Over most of history, threats to humanity have come from nature – disease, earthquakes, floods, and so forth. But this century is special. It's the first where one species – ours – has Earth's future in its hands, and could jeopardise life's immense potential. We've entered a geological era called the anthropocene.

Our Earth, this 'pale blue dot' in the cosmos, is a special place. It may be a unique place. And we're its stewards at a specially crucial era. That's an important message for us all, whether we're interested in astronomy or not.



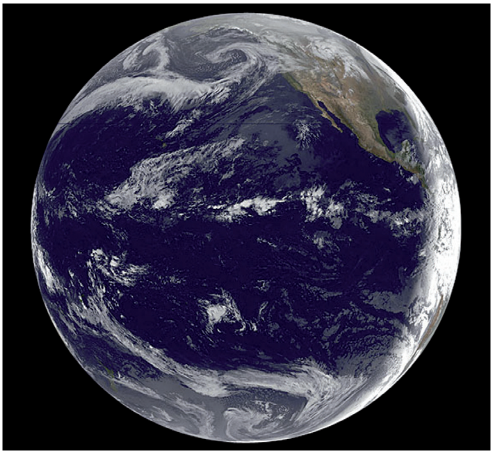
Země: úžasná vodní planeta

Geoffrey Boulton
Edinburská univerzita

Proč jsou oceány důležité

Země je vodní planeta. Její povrch tvoří ze 70,9 % oceán o objemu 1 335 milionů kilometrů krychlových. Je ojedinělá ve sluneční soustavě a, pokud víme, je ojedinělá i v naší galaxii.

Ačkoli byl oceán zásadní pro vývoj života na Zemi a nezbytný pro udržení života na této planetě, většina lidí toho o něm ví jen málo. Pevniny známe a rozumíme jim dopodrobna včetně jejich minulosti, jejich terénu a jejich obyvatel, oceány ale bývají pokládány pouze za „zdroj“ a jako takové jsou i využívány – snad proto, že v oceánech nejsou žádní voliči.



Obr. 1. Vodnatá strana planety: Tichý oceán, který tvoří 49,4 % plochy světových oceánů.

Proč by tedy mělo na oceánech záležet lidem v České republice, která je od nich daleko? Je to proto, že i zde život závisí na oceánských pochodech velmi podobně jako v Británii, západním výběžku Evropy do moře. Navíc

Earth: the Amazing Water Planet

Geoffrey Boulton
University of Edinburgh

Why the Oceans matter

The Earth is a water planet. 70.9% of its surface is ocean, with a volume of 1,335 million cubic kilometres. It is unique in the solar system and, as far as we know, unique in in our galaxy.

Though it has been fundamental to the evolution of life on Earth, and essential to the maintenance of life on the planet, most people know little of the ocean. The land areas are known and understood in great detail, their histories, their landscapes and their populations; but the oceans tend merely to be regarded as a "resource", and exploited as such; perhaps because there are no voters in the oceans.

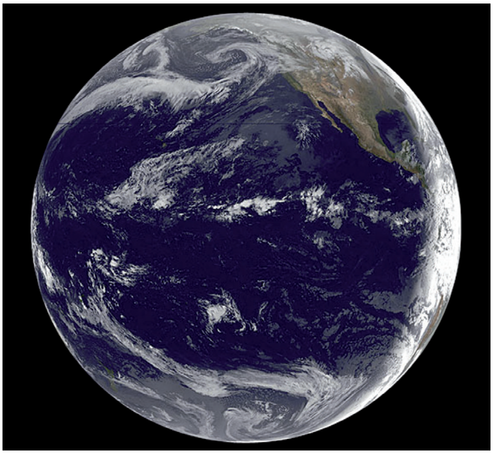


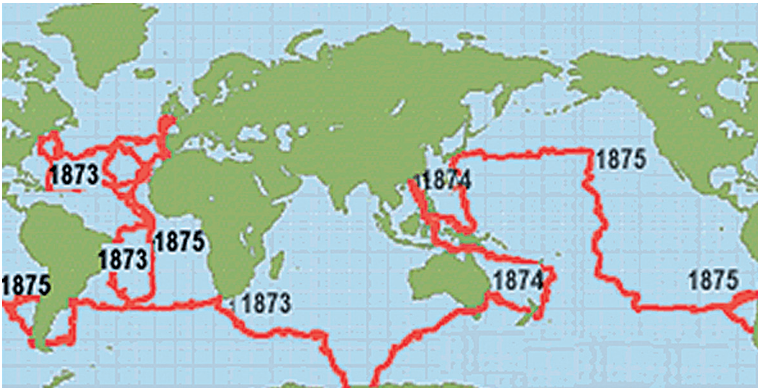
Fig. 1. The watery side of the planet: the Pacific Ocean, which comprises 49.4% of the global ocean area.

So why should people in the Czech Republic, far from the oceans, care about them? It is because life here is as dependent upon the workings of the oceans is much as it is in Britain, on the western ocean fringe of Europe.

máte možná k oceánům blíž, než si myslíte. Shakespeare má v *Zimní pohádce* postavu syna ovčáka, který nahlásí vrak lodi na pobřeží Čech, „pouštní země poblíž moře".

Objevování oceánů

Roku 1868 přiměl Charles Wyville Thompson z Edinburské univerzity Královskou společnost v Londýně, aby si zajistila HMS Challenger, vojenskou loď Královského námořnictva, která měla být vybavena jako vědecká platforma a laboratoř pro velkou výpravu zkoumající hlubiny oceánu. Expedice Challenger z let 1872–1876 položila základy moderního objevování oceánů. Během této doby urazila výprava 70 000 námořních mil, zastavila se na 362 místech, kde odebrala vzorky, zapojilo se do ní přes 100 vědců různých národností a vydala zprávu o 50 svazcích, jejichž dokončení pod vedením Johna Murrayho, vedoucího vědeckého týmu, trvalo 19 let. Stanovila tvar velkých oceánských pánví a jejich ohromnou hloubku, vynesla první systematické grafy teploty a slanosti moře a jejich vlivu na pohyby oceánu ve velkém měřítku a objevila geostrofické mořské proudy a zahájila jejich systematické mapování. Určila 4 700 nových druhů zvířat a rostlin a prokázala charakter nánosů na mořském dně. Vedla k vytvoření prvního mezinárodního vědeckého orgánu na světě, Vědeckého výboru pro výzkum oceánů (SCOR), k tomu, že Murray vymyslel termín „oceánografie", a k založení výzkumné instituce, jejímž předsedou mám tu čest být – Skotské asociace pro mořskou vědu.



Obr. 2. Trasa výpravy Challenger, 1872–1876.

Moreover, perhaps you are closer to the oceans than you think. Shakespeare, in the *Winter's Tale*, has a shepherd's son report a shipwreck on the coast of Bohemia, "a desert country near the sea."

The discovery of the Oceans

In1868. Charles Wyville Thompson of Edinburgh University prompted the Royal Society in London to obtain the use of a Royal Naval warship, HMS Challenger, to be fitted out as a scientific platform and laboratory for a major expedition to explore the depths of the ocean. The Challenger expedition of 1872–1876 laid the foundations for the modern discovery of the oceans. It traversed 70,000 nautical miles, occupied 362 sample stations, involved over 100 international scientists during its course and produced a report of 50 volumes, which took 19 years to complete under the direction of John Murray, the expeditions chief scientist. It established the shape of the great ocean basins, their profound depths, the first systematic plots of ocean temperature and salinity and their effects on the large scale motions of the ocean, and discovered geostrophic ocean currents and began their systematic mapping. It identified 4,700 new species of animals and plants and demonstrated the character of seabed deposits. It led to the creation of the world's first international scientific body, the Scientific Committee for Ocean Research (SCOR), to Murray's coining of the term "oceanography", and to the founding of the research institution of which I am proud to be President, the Scottish Association for Marine Science.

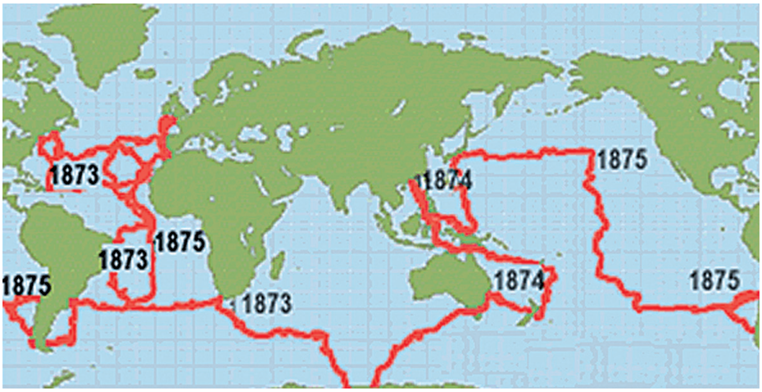
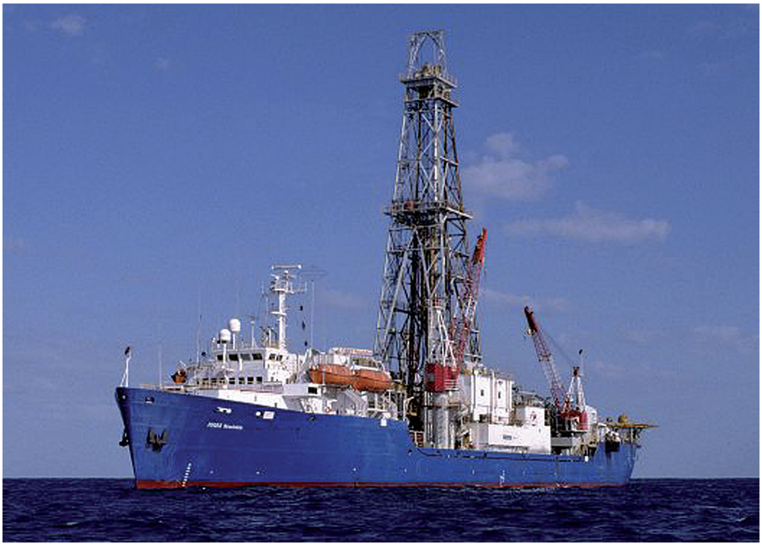


Fig. 2. The route of the Challenger Expedition, 1872–1876.

Úspěch výpravy Challengeru jakožto – slovy Johna Murrayho – „největší pokrok v poznání naší planety od proslulých objevů z patnáctého a šestnáctého století" podnítil další úsilí o pochopení oceánů coby rozhodujícího činitele určujícího chování zemského systému. To vyvrcholilo v uplynulém půlstoletí odhodlanou snahou o výzkum oceánů pomocí nákladných a důmyslných plavidel a široké řady technologií umožňujících vzorkování, monitorování, geofyzikální měření hloubky a provádění hlubokomořských vrtů. Ty nesmírně rozšířily naše znalosti o původu a vývoji oceánských pánví, o oběhu mořské vody a její interakci s atmosférou, o oceánské biotě a s ní souvisejících biogeochemických procesech a o archivu vývoje Země obsaženém v oceánských usazeninách.



Obr. 3. Joides Resolution, hlubokomořské výzkumné plavidlo používané především k získávání vrtných jader z hlubokomořských usazenin, což je prostředek umožňující odvodit klima v minulosti.

Oceánské pánve a desková tektonika

Teorie kontinentálního driftu, která tvrdí, že pevniny se vůči sobě po povrchu zeměkoule vzájemně pohybují, byla předložena roku 1912 Alfredem Wegenerem, když si všiml, že obrysy všech kontinentů do sebe zapadají

The success of the Challenger expedition as, in the words of John Murray, "the greatest advance in the knowledge of our planet since the celebrated discoveries of the fifteenth and sixteenth centuries", inspired further efforts to understand the oceans as major determinants of the behaviour of the Earth system. It has culminated over the last half century in determined attempts to explore the oceans using costly and sophisticated vessels, and a wide variety of sampling, monitoring, geophysical sounding and deep ocean drilling technologies. These have immensely increased our understanding of the origin and evolution of the ocean basins, the circulation of ocean waters and their interaction with the atmosphere, the ocean biota and related biogeochemical processes and the archive of Earth evolution contained within ocean sediments.

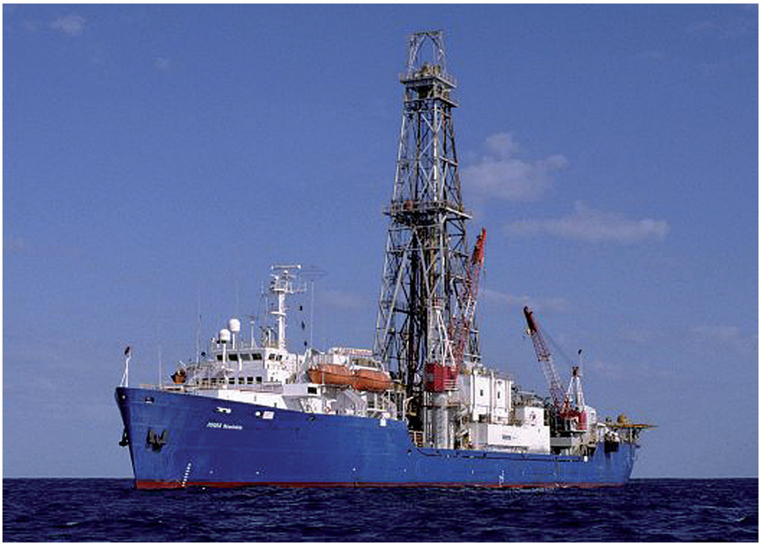
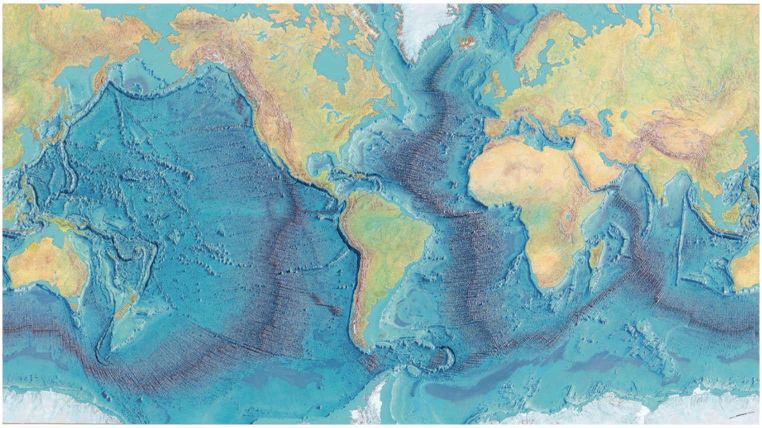


Fig. 3. The Joides Resolution, a deep ocean research vessel primary used to take drill cores from deep ocean sediments as a means of deducing past global climates.

The Ocean Basins and plate tectonics

The theory of continental drift, that continents had moved relative to each other across the surface of the globe, had been propounded by Alfred Wegener in 1912 when he observed how the shapes of the continents all tesseljako dílky skládačky, což je zvlášť zřetelně vidět na odpovídajícím tvaru východního pobřeží Jižní Ameriky a západního pobřeží Afriky. Oceány sehrály hlavní roli při ověřování, potvrzení a dalším rozvíjení této teorie. Vine a Matthews[1] ukázali roku 1963, že po obou stranách Středoatlantského hřbetu se vyskytují symetrické magnetizační obrazce (střídavě běžný a opačný směr magnetizace), které jsou odrazem známé historie změn zemského magnetického pole. To napovídalo, že podél hřbetu docházelo k výlevu sopečné lávy vytvářející novou oceánskou kůru, která během chladnutí získala remanentní magnetizaci rovnoběžnou s tehdejším geomagnetickým polem. Na základě toho bylo možné ukázat, že nová kůra se vytvořila z magmatu vytékajícího z praskliny podél hřebene a že je vytlačována od úbočí hřbetu po obou stranách a bylo možné určit datum vzniku nové kůry, čímž se potvrdilo rozpínání mořského dna. Roku 1977 vytvořila Marie Tharp ve spolupráci s Brucem Heezenem na Kolumbijské univerzitě první přesnou mapu mořského dna pro celou planetu. Tato mapa měla dramatický účinek. Jasně ukázala polohu středooceánských hřbetů a eruptivních zlomů podél jejich hřebenů, které se shodovaly s oblastmi o vysoké četnosti zemětřesení a vymezovaly okraje hlavních tektonických desek v oceánských pánvích. Nyní bylo možné dojít k závěru, že ke kontinentálnímu driftu dochází v důsledku rozpínání mořského dna, které vyvolává vzájemný pohyb tektonických desek.



Obr. 4. Mapa Marie Tharp znázorňující podobu velkých oceánských pánví a středooceánských hřbetů, jež určují podmořské hranice tektonických desek (tmavě modrá barva).

lated together like the pieces of a jigsaw puzzle, particularly clearly seen in the matching forms of the east coast of South America and the west coast of Africa. The oceans played the key role in testing, confirming and developing the theory. In 1963 Vine and Matthews[1] showed that symmetric patterns of magnetisation (alternately normal and reversed magnetization directions) occurred on either side of the mid – Atlantic Ridge, reflecting the known history of change in the Earth's magnetic field. This indicated that volcanic lavas erupted along the ridge to create new ocean crust which, in the process of cooling acquired remanent magnetization that paralleled the contemporary geomagnetic field. From this it was possible to show that new crust formed from magmas oozing out from a fracture along the ridge crest, that new crust push out from both flanks of the ridge and to determine the date of new crust formation, thereby confirming sea – floor spreading. In 1977, Marie Tharp, working with Bruce Heezen at Columbia University, created the first accurate map of the global ocean floor. The map had a dramatic effect. It unequivocally showed the locations of mid – ocean ridges, and the eruptive fractures along their crests, which coincided with areas of high earthquake frequency, demarcated the margins of the major tectonic plates in the ocean basins. It was now possible to conclude that continental drift took place as a consequence of sea floor spreading that produced relative movements between tectonic plates.

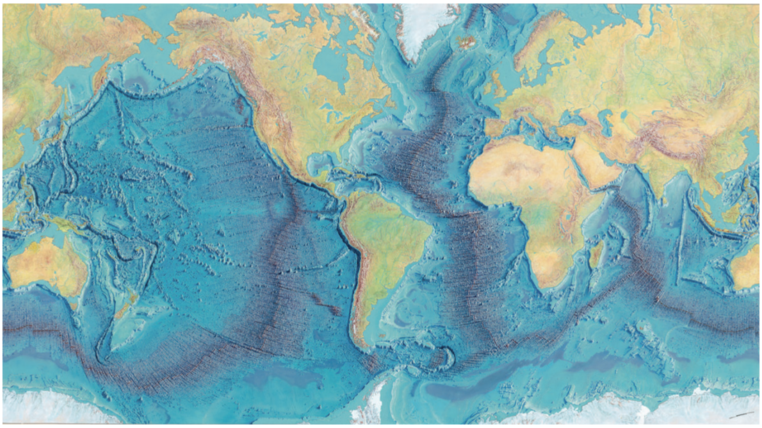


Fig. 4. Marie Tharp's map showing the form of the great ocean basins and the mid – ocean ridges that define the oceanic margins (in dark blue) of tectonic plates.

Odkud pochází mořská voda?

Když geologický průzkum v devatenáctém a dvacátém století odhalil, jak velké je stáří Země, vyvstala samozřejmě otázka ohledně zdroje vody obsažené v oceánech, atmosféře, řekách, jezerech a v podzemí. Mohla se oddělit od hornin, které tvoří hmotu Země, nebo mohla přijít z vesmíru jako součást opožděné akreční vrstvičky na vodu bohatých meteoritů či ledových komet. Víme ale, že meteority mají nadbytek xenonu a že, pokud by byly jediným zdrojem pozemské vody, atmosféra by obsahovala desetkrát více xenonu, než kolik jej obsahuje. Laboratorní pokusy naznačují, že je nepravděpodobné, že by komety obsahovaly vysoké koncentrace xenonu, ale ani směsice meteoritické a kometární vody by nefungovala, protože by obsahovala mnohem vyšší koncentrace deuteria než oceány. Studie zirkonových krystalů v horninách, které byly datovány do doby před asi 4 miliardami let, však ukazují, že už tehdy – záhy po vzniku Země – musela existovat tekutá voda. To vyžaduje přítomnost atmosféry, což naznačuje, že voda a další těkavé látky se postupně uvolňovaly z pevné Země, jak se na ni nabalovala hmota, a že tato Země, její oceány a její atmosféra se vyvíjely společně jako hustotně rozrůzněné těleso, které v pořadí od jádra ven sestává z pevného vnitřního jádra, tekutého vnějšího jádra, převážně pevného ale částečně i tekutého spodního a svrchního pláště, zemské kůry, tekutých oceánů a plynné atmosféry Země. Důležitá přechodová zóna mezi svrchním a spodním pláštěm v hloubkách mezi 410 a 660 km pod povrchem obsahuje vodnatou fázi nazývanou ringwoodite (H, MgSiO2(OH)2), což je zde nejhojněji se vyskytující minerál, v němž je uzavřeno obrovské množství vody – obsahuje jí tolik, že to odpovídá asi tak jednonásobku až trojnásobku hmoty vody v oceánech. Magmatická činnost ve středooceánských hřbetech na okrajích desek je schopná vynést tyto vodnaté minerály na povrch a to tak, že se přitom uvolňuje voda, ale subdukční zóny, kde se oceánské desky podsouvají pod aktivní kontinentální okraje, mohou tuto vodu také znovu pohřbít a uzavřít do týchž minerálů.

Výpočty rychlosti cyklu naznačují, že veškerý objem moderních oceánů mohl v historii Země projít celým kolečkem tam a zpátky více než třikrát[2].

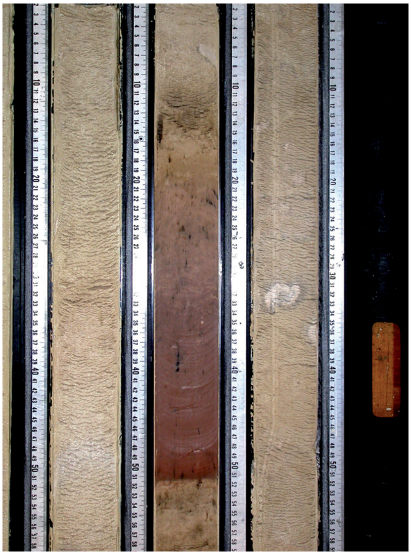
Where does ocean water come from?

As geological investigations in the nineteenth and twentieth centuries revealed the great age of the Earth, an obvious question arose about the sources of the water that is contained in the oceans, the atmosphere, rivers, lakes and groundwater. It could have separated out from the rocks that make up the bulk of the earth, or it could arrived from space as part of a late – accreting veneer of water – rich meteorites or icy comets. But we know that meteorites carry excess xenon, and that if they were the only source of the Earth's water, the atmosphere would contain 10 times more xenon than it does. Laboratory experiments suggest that comets are unlikely to contain high concentrations of xenon, but a mixture of meteoritic and cometary water would not work either, because it would contain a far higher concentration of deuterium than the oceans. However, studies of zircon crystals in rocks that have been dated at about 4 billion years before present show that liquid water must have existed at the time, soon after the formation of the Earth. This requires the presence of an atmosphere, suggesting that water and other volatiles were progressively released from the solid Earth as it accreted, and that the Earth, its oceans and its atmosphere evolved together as a density differentiated body, comprising, from the core outwards, the solid inner core, the liquid outer core, a mostly solid but partly fluid lower and upper mantle, the Earth's crust, its liquid oceans, and its gaseous atmosphere. An important transition zone between the upper and lower mantle, at depths between 410 and 660 km below the surface, contains, as its most abundant mineral, a hydrous phase, termed Ringwoodite (H, $MgSiO_2(OH)_2$), in which are locked vast quantities of water, containing between one and three times the equivalent mass of ocean water. Magmatic activity at plate – margin mid – ocean ridges has the capacity to bring these hydrous minerals to the surface in ways that release water, but subduction zones, where oceanic plates sink beneath active continental margins, can also re – bury such waters locked in those same minerals.

Calculations of the rate of cycling suggest that the entire volume of the modern oceans may have been cycled back and forth more than three times in Earth history.[2]

Čteme mořský záznam o globální změně podnebí

Většina oceánského dna je místem, kde se usazují minerální částice spláchnuté z pevniny mořskými proudy a větrem a kde se hromadí kostry uhynulých mořských organizmů. Nahromaděné usazeniny představují souvislý záznam o událostech v oceánu od té doby, kdy ve středooceánských hřbetech vznikl ten úsek tektonické desky, na němž spočívají. Ukázalo se, že izotopové složení kyslíku v mikroorganizmech z těchto usazenin a směry magnetizace v usazeninách jsou zvlášť silné nástroje při luštění historie oceánu. První údaj nám přináší geochemické svědectví o teplotě a slanosti tehdejší mořské vody, zatímco druhý údaj odráží místní orientaci tehdejšího zemského magnetického pole, které je známo za posledních 155 milionů let, a které lze tudíž využít k určení stáří usazenin.



Obr. 5. Příklad jádra z hlubokomořského vrtu. Prudká změna barvy ve střední části trubice jádra prozrazuje náhlý začátek období extrémní acidifikace oceánů před asi 56 miliony let v důsledku vysoké hladiny CO_2 v atmosféře. V důsledku rozpuštění uhličitanů chybí v tmavě hnědé oblasti uhličitanové fosilie.

Plavidla, jako je to na obrázku 3, odebrala dnes již stovky jader o délce až 1 700 m.[3] Izotopové složení kyslíku v mikroorganizmech (dírkonošcích – viz obr. 12b) odebraných z těchto jader může sloužit jako nepřímý doklad o slanosti oceánu, který lze sledovat v průběhu času na základě známé historie změn normální a obrácené polarity magnetizace (obr. 6). Oscilace ^{18}O jsou odrazem změn slanosti, jíž se nejsnáze dosáhne odebráním sladké vody z oceánů odpařováním, což slanost zvýší, nebo dekantací sladké vody

Reading the ocean record of global climate change

Much of the ocean floor is a settling place for mineral particles swept off the continents by marine currents and wind, and for accumulations of the skeletons of dead marine organisms. The accumulated sediment represents a continuous record of ocean events since the section of tectonic plate on which it rests was formed at mid – ocean ridges. The O – isotope composition of micro – organisms in these sediments and the magnetization directions in the sediments have proved particularly powerful tools in deciphering ocean history. The former provides geochemical evidence of the temperature and salinity of the contemporary ocean waters whilst the latter reflects the contemporary local orientation of the Earth's magnetic field, which is known for the last 155 million years, and which can therefore be used to date the sediments.

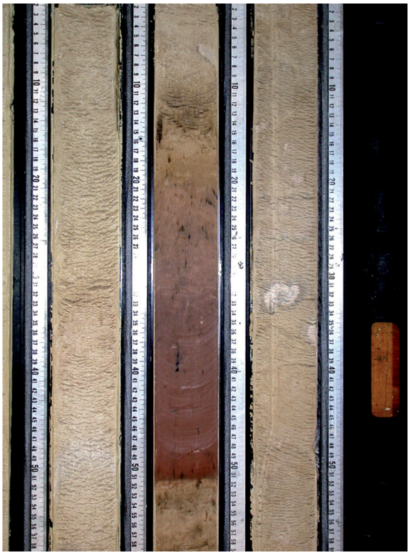
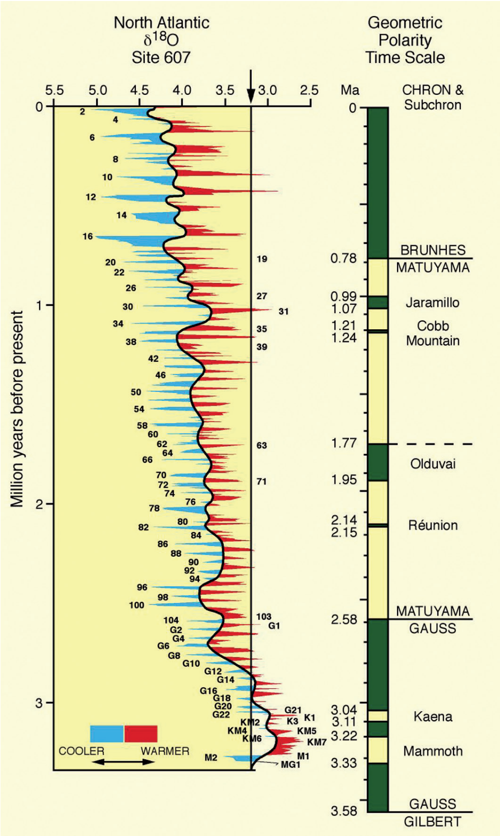


Fig. 5. Example of a deep ocean core. The abrupt change in colour in the central core tube marks the abrupt beginning of a period of extreme acidification of the oceans, some 56 million years ago, due to high levels of CO_2 in the atmosphere. The dark brown area lacks carbonate fossils, because of dissolution of carbonate.

Hundreds of cores, up to 1,700m in length, have now been taken by vessels such as that shown in figure 3.[3] The oxygen isotope composition of micro – organisms (Foraminifers – see Fig. 12b) sampled from these cores can provide a proxy record of ocean salinity, which can be followed through time from the known history of changes in normal and reversed polarity of magnetization (Fig. 6). O – 18 oscillations reflect changes in salinity, which are most readily achieved by removal of fresh water from the oceans by evaporado oceánů, což slanost sníží. Abychom dosáhli změn v rozsahu, který je znázorněn v obr. 6 nahoře, vyžadovalo by to odpařování a dekantaci řádově 50 milionů krychlových km sladké vody, což shodou okolností odpovídá vypočítanému objemu rozsáhlých vrstev ledu, které se – jak prokázal geologický průzkum – čas od času vyskytovaly v severních částech eurasijské a severoamerické pevniny. Oscilující křivka na tomto obrázku tudíž zachycuje měnící se objem ledovců na Zemi v průběhu uplynulých 3 milionů let. Od toho se odvíjí několik důležitých závěrů: průměrné množství pevninského ledu na Zemi se během uplynulých 3 milionů let postupně zvyšovalo a objem ledu během tohoto období kolísal mezi dobami ledovými s vysokým objemem a interglaciálními obdobími mezi nimi. Do doby před asi 750 000 lety byla převládající vlnová délka cyklu glaciálních a interglaciál-



Obr. 6. Vlevo kolísání globálního objemu pevninského ledu v průběhu času, na něž se usuzuje z izotopového složení kyslíku v dírkonošcích. Vpravo geomagnetické časové měřítko, které bylo použito k určení stáří jádra.

tion to increase salinity, or decantation of fresh water into the oceans to decrease salinity. To achieve changes of the magnitude shown at the top of Fig. 6 would require evaporation and decantation of the order of 50 million cubic km of fresh water, which happens to match the calculated volumes of the great ice sheets which geological research had shown to have existed from time to time on the northern parts of the Eurasian and North American continents. The oscillating curve in this figure therefore shows the changing volume of glacier ice on Earth during the last 3 million years. Several important conclusions flow from this: the average amount of land ice on Earth has progressively increased over the last 3 million years; the ice volume has oscillated through that period between glacial periods of high volume and intervening interglacial periods; prior to about 750,000 years ago, the dominant

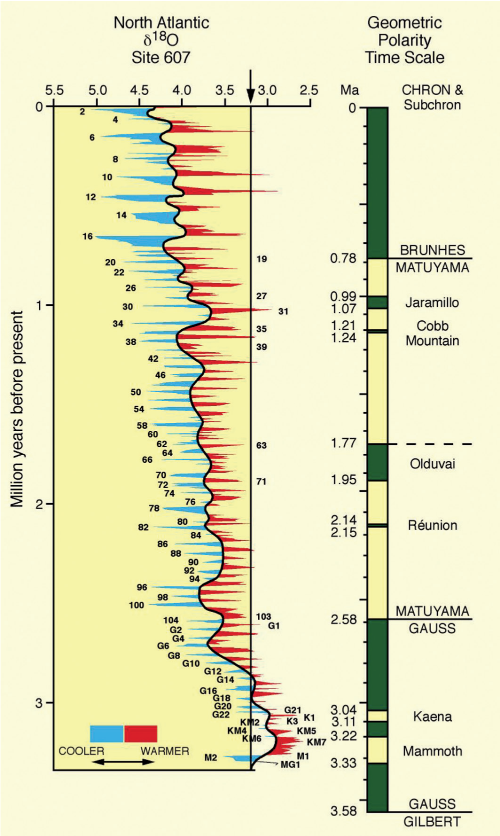


Fig. 6. On the left, the inferred fluctuation of the global land – ice volume through time derived from the O – isotope composition of Foraminfers. On the right, the geomagnetic timescale which has been used to date the core.

ních období okolo 40 000 let. Po tomto okamžiku se převládající vlnová délka prodloužila na asi 100 000 let a amplituda glaciálních a interglaciálních výkyvů výrazně vzrostla. Poslední velká glaciální epizoda skončila před asi 10 000 lety.

Roku 1864 přišel skotský geolog James Croll s myšlenkou, že by tyto významné klimatické změny v nedávné historii Země mohly být způsobovány odchylkami v množství slunečního záření, které dopadá na Zemi, a to v důsledku změn zemské dráhy kolem Slunce[4].

Roku 1941 předložil srbský astrofyzik Milutin Milanković matematické rozšíření Crollovy teorie a vypočítal periodu tří hlavních geometrických změn probíhajících u zemské oběžné dráhy kolem Slunce[5]. Spočítal, že body rovnodennosti se posunují s periodou okolo 20 000 let, že cyklus změn sklonu zemské osy je kolem 40 000 let a že cyklus změn výstřednosti zemské oběžné dráhy je kolem 100 000 let. Roku 1976 provedli Hays, Imbrie, Shackleton a kol. rozbor časového spektra oceánských údajů o klimatických změnách na Zemi na základě podobných údajů jako na obrázku 6 a ukázali, že spektrální maxima jsou v pozoruhodné shodě s Milankovićovými odchylkami oběžné dráhy, takže došli k jasnému závěru, že změny zemské dráhy určují tempo dob ledových[6].

Ačkoli tedy dosud probíhá hodně diskuzí o poměrně krátkodobých klimatických změnách v současnosti a nedávné minulosti, není moc pochyb o tom, že motorem dlouhodobějších, tisíciletých změn podnebí jsou především změny oběžné dráhy. Velkou otázkou je, zda vliv člověka na klimatický systém může být již tak velký, že by potenciálně mohl zemský systém vychýlit z jeho přirozené dráhy, takže by klimatická budoucnost Země byla velmi odlišná od její bezprostřední minulosti.

Dalším zásadním zjištěním odvozeným z hlubokomořských vrtů bylo to, jak mladé je mořské dno v porovnání s geologickou historií Země, což je závěr, který je ve shodě s teorií deskové tektoniky a rozpínání mořského dna. Ukázalo se, že nejhlubší usazeniny z mořského dna ležící na vulkanickém podloží, které vzniklo ve středooceánských hřbetech, nejsou starší než 200 milionů let, což je třeba porovnat se stářím Země – se 4,5 miliardami let.

wavelength of glacial/interglacial cycles was about 40,000 years; after 750,000 years ago, the dominant wavelength increased to about 100,000 years, and the amplitude of the glacial/interglacial swings increased significantly; and the last major glacial episode ended about 10,000 years ago.

In 1864, James Croll, the Scottish geologist proposed that these major climatic changes in the recent history of the Earth were caused by variations in solar radiation reaching the Earth as a consequence of changes in the Earth's orbit around the sun.[4]

In 1941, Milutin Milankovich, a Serbian astrophysicist presented a mathematical development of Croll's theory in which he calculated the period of the three major geometrical changes through time of the Earth's orbit round the sun.[5] He calculated that precession of the equinoxes has a period of about 20,000 years, that the cycle of change in the obliquity of the Earth's axis is about 40,000 years and that the cycle of change in eccentricity of the Earth's orbit is about 100,000 years. In 1976, Hays, Imbrie and Shackleton et al analysed the time spectrum of the oceanic record of climate change on Earth from records similar to that in figure 6, and showed that the spectral peaks had a remarkable correspondence with Milankovitch's orbital variations, drawing the strong conclusion that Earth's orbital changes were the pacemakers of the ice ages.[6]

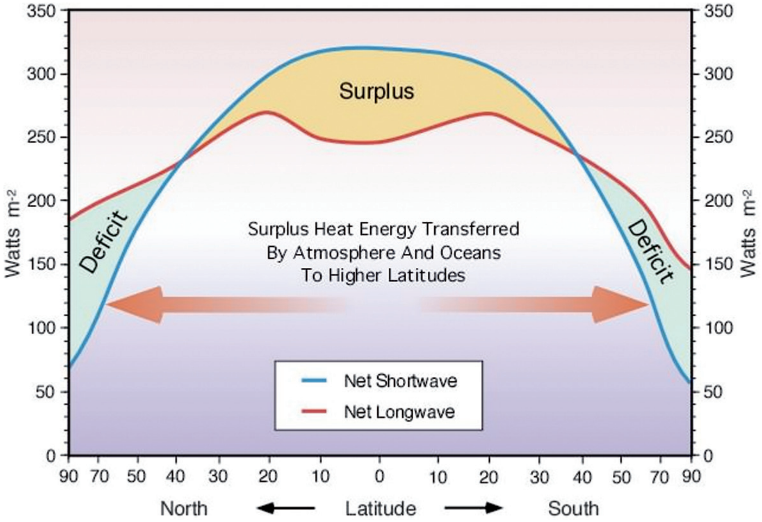
Thus, although there remains much debate about the relatively short – term climatic changes of the present and recent past, there is little doubt that longer term, millennial changes of climate are primarily driven by orbital changes. The large question is whether the human impact on the climate system may already be so great that it has the potential to drive the Earth system away from its natural trajectory, such that the Earth's climatic future could be very different from that of its immediate past.

A further fundamental discovery derived from deep ocean drilling was how youthful the ocean floor is in comparison to Earth's geologic history, a conclusion consistent with the plate tectonic/sea floor spreading theory, The lowest ocean floor sediments lying on volcanic basement that originated at mid – ocean ridges, have proved to be no older than 200 million years, which compares with the 4.5 billion – year age of the Earth.

Oceány jako součást zemského tepelného stroje

Veškerá energie disipovaná i využívaná na Zemi je bez výjimky jaderného původu. Zemské jádro je štěpný jaderný reaktor a energie z něj pohání pomalé změny Země: pohyby desek, vznik horstev a vývoj oceánských pánví. Slunce je fúzní jaderný reaktor a energie z něj pohání poměrně rychlé změny oceánu, atmosféry a biosféry. Oceán hraje zásadní roli při přerozdělování prostorově nestejného solárního ohřevu zemského povrchu. Rovníková zóna každoročně zachytí tok solární energie, který je asi desetkrát větší než v polárních zónách nad 80° severní a jižní šířky. Podobné množství tohoto tepla musí být opět vyzářeno do vesmíru, má-li si Země udržet stálou povrchovou teplotu, rozložení záření odcházejícího do vesmíru ale neodráží rozložení záření dopadajícího.

Jak je ukázáno na obrázku 7, pohlcuje Země v rovníkové oblasti víc tepelné energie, než kolik jí znovu vyzáří do vesmíru, a tak dochází ke vzniku „přebytku“ tepla. V polárních oblastech Země vyzáří zpět do vesmíru víc tepelné energie, než kolik jí vzniká díky slunečnímu záření, a tak vzniká



Obr. 7. Tepelný stroj tvořený zemským povrchem. Dopadající (modře) a odcházející záření (červeně) na průřezu Zemí od pólu k pólu. Takto vzniká přebytek tepla v tropech a deficit tepla v polárních oblastech. Tento tepelný gradient mezi tropy a póly je hnací silou systémů počasí v atmosféře i oceánech, které přenášejí teplo k pólům.

The Oceans as part of the Earth's Heat Engine

All the energy dissipated and used on the Earth, without exception, has a nuclear source. The Earth's core is a nuclear fission reactor, the energy from which drives the slow changes in the Earth: plate movements, mountain building and ocean basin evolution. The Sun is a nuclear fusion reactor, the energy from which drives the relatively rapid changes in the ocean, atmosphere and the biosphere. The ocean plays a fundamental role in re – distributing the spatially varying solar heating of the Earth's surface. The equatorial zone annually receives a flux of solar energy that is about 10 times greater than in the polar zones at 80° north or south. A similar quantity of this heat must be radiated back into space if the earth is to maintain a constant surface temperate, but the pattern of radiation to space does not mirror the pattern of incoming radiation.

As shown in figure 7, the Earth absorbs more heat energy in the equatorial region than is re--radiated to space, creating a "surplus" of heat. In the polar regions, the Earth re – radiates into space more heat energy than is crea-

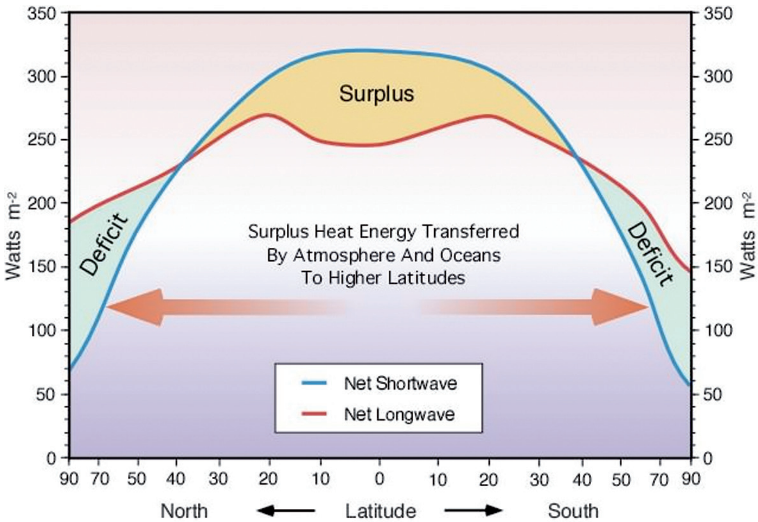
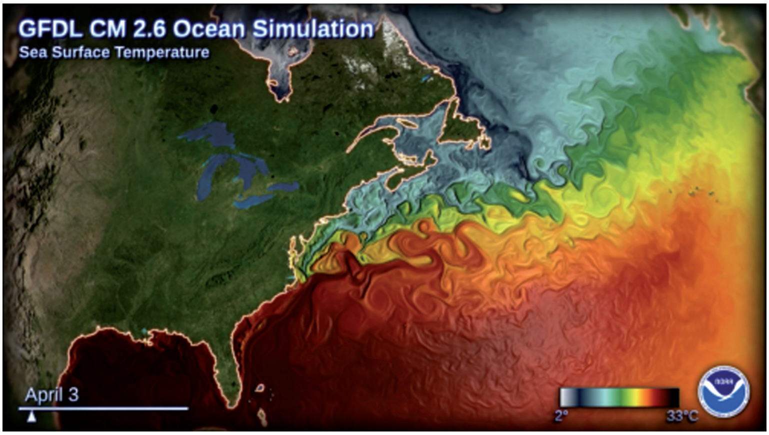


Fig. 7. The Earth's surface heat engine. Incident radiation in a pole-to-pole transect of the Earth (blue) and outgoing radiation (red). This produces a heat surplus in the tropics and a heat deficit in polar regions. This heat gradient between tropics and poles is the driver of the atmospheric and ocean weather systems that transport heat polewards.

tepelný „deficit". Tuto nerovnováhu napravuje advekce tepla jak v atmosféře, tak v oceánech prostřednictvím vzduchu a mořské vody pohybujícími se směrem k pólům. V malých zeměpisných šířkách převládá v polárním toku přesun tepla v oceánech, ale ve středních až velkých zeměpisných šířkách převládá přesun v atmosféře[7]. K transportu tepla v atmosféře dochází do značné míry v „cyklónách" tvořených větrem, který se ve spirále stáčí kolem poměrně klidného středu. Nejvýznamnější hybná síla vyvolávající transport tepla k pólům se objevuje v tropických zónách, kde se vzduch nad lokálně horkými oblastmi moře rozpíná, vodní pára, již obsahuje, kondenzuje za vzniku mraků, a tak uvolňuje energii. Pohyb větru do středu cyklóny, kde je nízký tlak, odklání Coriolisova síla vyvolaná zemskou rotací, takže cyklóny se na severní polokouli otáčejí proti směru hodinových ručiček a na jihu opačně. Z cyklón vznikají mohutné a silné bouře, které v zimě roku 2015 bičovaly atlantské pobřeží Evropy a pronikly hluboko do Arktidy, a které jsou pro atmosféru základním nástrojem přenosu tepla k pólům.



Obr. 8. Povrchová teplota vody v severozápadním Atlantiku, kde jsou vidět mezoskopické víry, které pohánějí Golfský proud a z nichž vznikají bouře, jež přinášejí teplo a vlhkost do severozápadní Evropy, díky čemuž je její severní pobřeží bez ledu.

Podobné otáčející se systémy vznikají i v oceánu. Mnohé z nich se tvoří vlivem atmosférických systémů cyklón o nízkém tlaku a rotují působením Coriolisovy síly v podobě putujících „mezoskopických vírů" o průměru mezi 50 a 300 km. Právě ty jsou „počasím" oceánů. Jsou všudypřítomné ted by solar radiation, creating a heat "deficit." This imbalance is corrected by the advection of heat in both the atmosphere and the oceans by poleward – moving ocean water and air. In the low latitudes, ocean transport dominates the poleward flux, but in middle to high latitudes, atmospheric transport dominates.[7] Much of the atmospheric transport occurs in "cyclones" of spiraling winds that rotate around a relatively quiescent core. The most powerful agents of poleward heat transport form in tropical zones, where air over locally hot areas of the sea expands, the water vapour it contains condenses to form clouds and thereby to release energy. The movement of wind towards the low pressure cyclone centre is deflected by Coriolis force, due to the Earth's rotation, so that cyclones rotate in a counterclockwise direction in the northern hemisphere and a clockwise one in the south. They form the powerful, energetic storms that have buffeted the Atlantic shore of Europe and penetrated deep into the Arctic in the winter of 2015, and are the principle means whereby the atmosphere transports heat polewards.

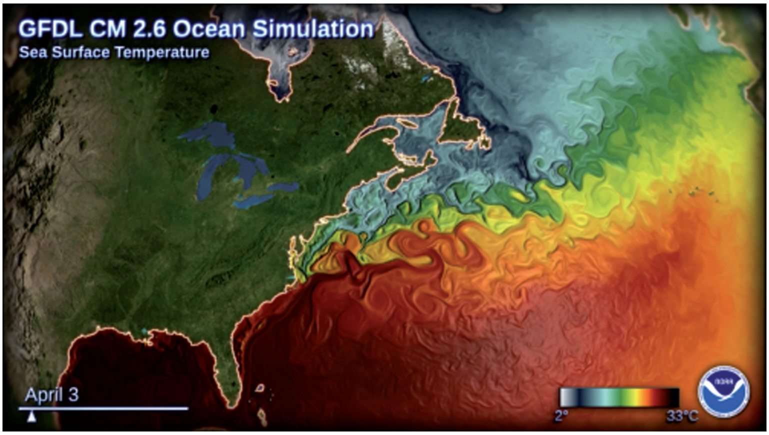


Fig. 8. Surface water temperatures in the north – west Atlantic, showing the meso – scale eddies that power the Gulf Stream, from which the storms are generated that bring heat and moisture to north – west Europe and keep its northerly coasts ice free.

Similar rotating systems form in the ocean, many of which are created by the influence of low pressure, cyclonic systems in the atmosphere, and which rotate, under the influence of the Coriolis force, as travelling "meso – scale eddies" between 50 and 300km in diameter. They are the "weather" of a jsou základním prostředkem přenosu tepla, soli a uhlíku v rámci světového oceánu. V Atlantském oceánu (obr. 8) je teplo, které přenášejí, zdrojem mnoha z atmosférických bouří hnaných do severozápadní Evropy.

Dnes víme, že „tepelný stroj" na zemském povrchu běžel v nedávném období geologické historie různými rychlostmi. Studium chemie koster mořských mikroorganizmů umožňuje paleontologům a geochemikům odvodit teplotu mořské vody, v níž žily. Kostry příslušníků mikrofauny, kteří žili v různých hloubkách ve vodním sloupci, po jejich odumření klesnou na mořské dno, aby se staly součástí hromadících se usazenin. Vrtná jádra odebraná z těchto usazenin lze datovat a geochemický rozbor mikrofauny nám umožňuje odvodit teplotu mořské vody pro konkrétní hloubky a časová období. Takovéto rozbory ukazují, že rozdíl teplot oceánu mezi rovníkem a severním pólem v atlantském a tichomořském sektoru byl před dvaceti miliony let 9-13°C, ale v uplynulých 3 milionech let vzrostl na 18-22°C.[8] K tomu došlo především v důsledku ochlazení ve velkých zeměpisných šířkách, které během tohoto období postupně zesilovalo, což nakonec v nedávné minulosti vedlo k dobám ledovým (viz obr. 6).

Globální cirkulace oceánů

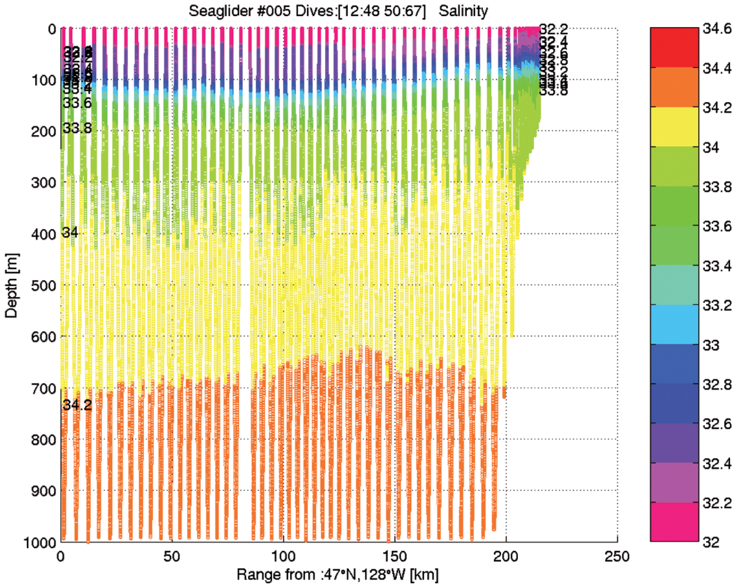
Od dob výpravy Challengeru jsou monitorování rozložení teploty, slanosti a stále více i biot a mnoha dalších biogeochemických vlastností oceánu stěžejním bodem nauky o oceánu. Došlo k velikému rozšíření počtu i spektra mořských čidel používaných na vesmírných družicích, oceánografických plavidlech a stále více i v autonomních zařízeních. Jeden příklad z této poslední skupiny je zachycen na obrázku 9. Jde o „mořský kluzák" – samohybné zařízení s bateriemi o výdrži okolo jednoho roku. Pohybuje se oceánem rychlostí chůze a má nastavitelný vztlak, což mu umožňuje začít klesat na mořské dno. Na zadané úrovni tlaku kluzák nastaví kladný vztlak a stoupá k hladině. Během tohoto cyklu sbírá s předepsanou frekvencí data o teplotě, slanosti, proudech a dalších charakteristikách oceánu a až se vynoří, odešle je na základnu. Na obrázku 10 je slanostní profil v severovýchodním Atlantiku zaznamenaný kluzákem, který se při cestě na Island pohyboval přes západní kontinentální šelf Skotska.

the oceans. They are ubiquitous and are the principle means by which heat, salt and carbon are transported round the global ocean. In the Atlantic Ocean (Fig. 8) the heat that they transport is the source of many of the atmospheric storms drive into north – western Europe.

We now know that the Earth's surface "heat engine" has run at different speeds through the recent period of geological history. Study of the chemistry of the skeletons of marine micro – organisms permits palaeontologists and geochemists to deduce the temperature of the ocean waters in which they live. The skeletons of microfaunal species that lived at different depths in the water column sink, on death, to the ocean floor to become part of its accumulating sediment. Cores taken from these sediments can be dated and geochemical analysis of the microfaunas permit us to deduce the temperature of ocean water for specific water depths and time periods. Such analyses show that the oceanic temperature difference between the equator and the North Pole in the Atlantic and Pacific sectors was 9 – 13°C twenty million years ago, but has increased to 18 – 22°C in the last 3 million years.[8] This has occurred largely as a consequence of cooling in high latitudes, which progressively intensified during the period, leading eventually to the ice ages of the recent past (see Fig. 6).

The Global Circulation of the Oceans

Since the time of the Challenger expedition, monitoring the distribution of temperature, salinity and, increasingly, the biota and many other biogeochemical attributes of the ocean have been at the core of ocean science. There has been a great expansion in the number and variety of ocean sensors used in satellites in space, in oceanographic vessels and increasingly in autonomous devices. An example of the latter is shown in figure 9. It is an "ocean glider", a self – propelled device with a battery life of about one year. It moves through the ocean at walking speed, and has adjustable buoyancy which permits it to sink towards the ocean floor. At a given pressure level, it becomes positively buoyant and rises to the ocean surface. During this cycling it collects data on temperature, salinity, currents and other ocean characteristics at a prescribed rate, and transmits the data to its base when it reaches the surface. Figure 10 shows a salinity cross – section of salinity in the north east Atlantic created from a glider that travelled across the western continental shelf of Scotland *en route* to Iceland.



Obr. 10. Slanostní profil od skotského kontinentálního šelfu (napravo), přes kontinentální svah až do hlubokého severovýchodního Atlantiku. Křivky zobrazují dráhu kluzáku. Mělká vrstva teplé vody o nízké slanosti, která pochází z jihu, leží na studené, velmi slané vodě pocházející ze severu.

Takováto data umožnila oceánografům zmapovat rozložení teploty, slanosti a dalších vlastností celého globálního oceánu. Jedním z nejobsažnějších a nejpřekvapivějších výsledků této práce bylo globální schéma oceánské cirkulace, jakéhosi tepelného pásového dopravníku (obr. 11). Struktura této cirkulace je odrazem nestability, která plyne z vlivu teploty a slanosti na hustotu. Začneme-li v severní části rovníkového Atlantiku, povrchová voda se zde silně zahřívá, což vede k odpařování, které zvyšuje koncentraci soli v podpovrchové vodě. Jak tato voda teče na sever v rámci procesu disipace tepla v oceánu, ochlazuje se, a tím roste její hustota, takže tato slanější voda v polárních oblastech klesá do hloubi oceánu. Protože přítok povrchové vody do Arktidy musí být vyvážen odtokem vody na jih ve větší hloubce, otočí se klesající slaná voda tropického původu (větší hloubky na obrázku 10) a začne téct směrem na jih. Tato studená voda potom obíhá ve větší hloubce tak, jak je znázorněno na obrázku 11: teče Atlantským oceánem na jih až do Jižního, Indického a Tichého oceánu, kde

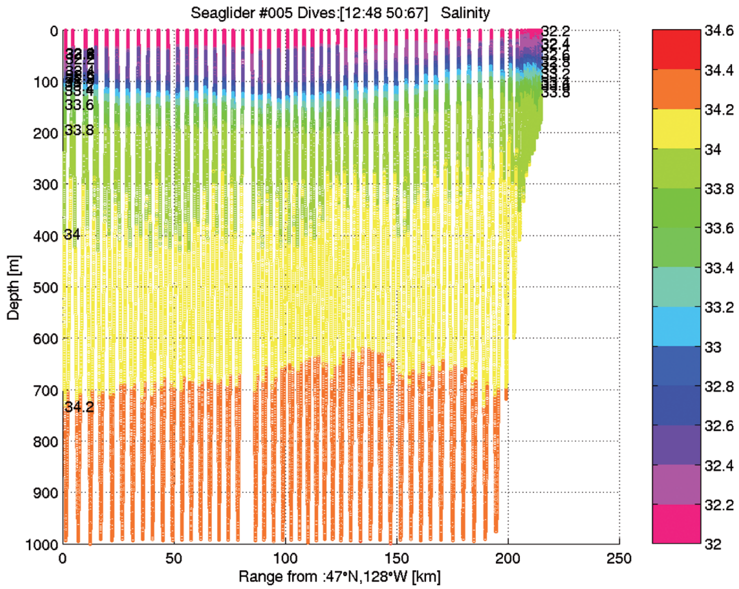
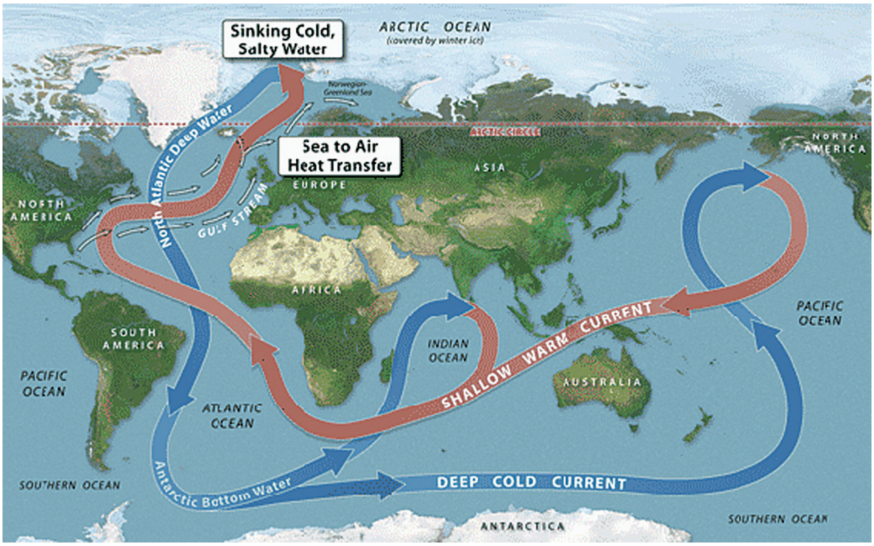


Fig. 10. A salinity section of from the continental shelf of Scotland (right side), down the continental slope and into the deep NE Atlantic.

The lines show the glider track. Shallow, warm, low salinity waters derived from the south overlie cold, highly saline waters derived from the north.

Data such as this has permitted oceanographers to map the distribution of temperature, salinity and other properties through the global ocean. One of the most revealing and counter – intuitive results of this enterprise has been to show the global pattern of ocean circulation, a sort of thermal conveyor belt (Fig. 11). The circulation pattern reflects an instability that derives from the density effects of temperature and salinity. If we start in the northern tropical Atlantic, surface waters are warmed strongly producing evaporation, which increases salt concentrates in near surface waters. As these waters flow north as part of the heat dissipation process in the ocean, they cool, thereby increasing in density so that these more saline waters sink to the ocean depths in the polar regions. Because the flow of surface water into the Arctic must be balanced by an outward, southerly flow at greater depths, the tropically – derived, sinking saline waters (the deeper



Obr. 11. Transportní pás oceánských proudů. Mělké, teplé proudy jsou vyznačeny červeně a hluboké, studené proudy modře.

ve vodě z velkých hloubek dochází k výstupnému proudění. Toto proudění probíhá částečně kvůli mísení studené vody v hloubce a teplejší vody ležící nad ní, což snižuje hustotní kontrast, a částečně proto, že tlak větru působící na povrchovou vodu táhne vodu z hloubky vzhůru, dokud není unášena povrchovým prouděním vody. Doba průchodu celým okruhem transportních pásů je okolo 1000 let.

Mořská biosféra

Biologie oceánů je nezbytnou složkou megasystému geosféra-hydrosféra-atmosféra-biosféra, který zajišťuje schopnost planety Země udržovat život. Globální biosféra zahrnující veškerý život na Zemi představuje základní přírodní kapitál, jenž přináší každoroční dividendu prostřednictvím biologických rozmnožovacích procesů právě tak, jako spořicí účet přináší dividendu z příslušného kapitálu. Tato každoroční dividenda je odrazem produktivity základního kapitálu. Globální biomasa se odhaduje na 35-55x10^{11} tun čisté hmotnosti, z nichž většina je v suchozemských oblastech a pouze okolo 1 % je v oceánech. Jejich každoroční základní produktivita je však

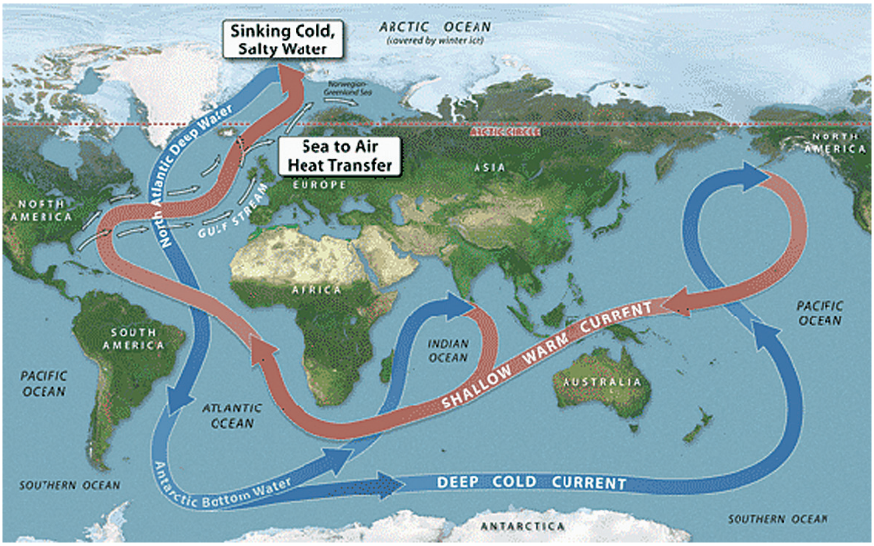


Fig. 11. The Ocean current conveyor belt. Shallow, warm currents are in red, deep, cold currents in blue.

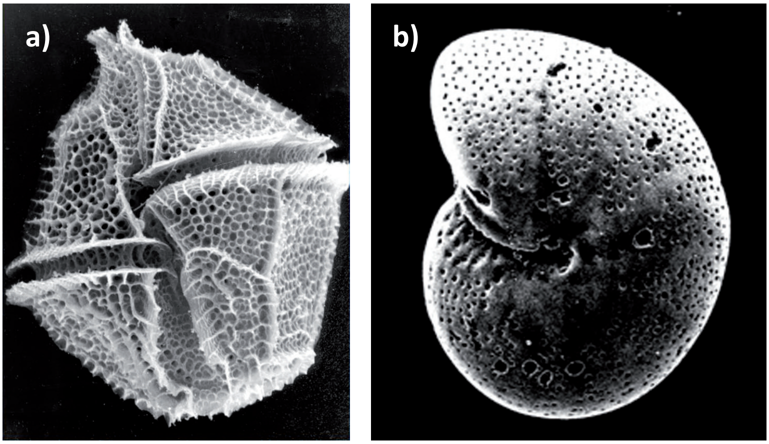
waters in figure 10) reverse their direction and flow towards the south. This cold, deeper water then circulates as shown in figure 11, southwards through the Atlantic Ocean, into the Southern, Indian and Pacific Oceans, where upwelling of deep waters takes place. This upwelling occurs partly because of mixing between deep cold water and warmer overlying water, which reduces the density contrast, and partly because wind stress on surface waters draws up deep water until it is entrained into surface water currents. The transit time through the whole conveyor belt circuit is about 1000 years.

The Ocean Biosphere

The biology of the oceans is a vital component of the geosphere – hydrosphere – atmosphere – biosphere mega – system that maintains Planet Earth's capacity to sustain life. The global biosphere, comprising all life on Earth, represents a stock of natural capital which yields an annual dividend through biological generative processes, just as a savings account yields a dividend on its capital. The annual dividend reflects the productivity of the capital stock. The global biomass is estimated as 35–55x10^{11} tonnes in dry weight of velmi odlišná, přičemž jak mořská, tak suchozemská biosféra produkuje kolem 50 miliard tun[9].

Odrazem této produktivity je velká rozmanitost druhů, od velkých mořských savců, jako jsou velryby, lachtani, delfíni, mroži a lední medvědi, kteří si vyměňují kyslík a oxid uhličitý přímo se vzduchem, přes ryby, které si vyměňují kyslík a oxid uhličitý přímo s mořskou vodou prostřednictvím žaber, až po drobný plankton, viry a baktérie (každý doušek mořské vody pravděpodobně obsahuje okolo 300 milionů virů, 30 milionů bakterií a 30 000 mikrořas a prvoků). Hlubinné vody, jež stoupají podél pobřežního rozhraní, přinášejí minerální živiny do povrchových vod, které živí velmi bohaté biotické populace včetně komerčních rybářských oblastí.

Kultovními mořskými druhy jsou velcí fotogeničtí savci a ryby, které jsou důležitou složkou lidského jídelníčku, ale co se týče planetárního významu, to, co je opravdu důležité, je malé – plankton a další mikroorganizmy. V základu mořské potravní sítě stojí fytoplankton, vegetace oceánu. Ten žije ve fotické zóně oceánu, v hloubce, kam proniká světlo, a roste díky fotosyntéze stejně jako pevninské rostliny – využívá energii světla k přeměně oxidu uhličitého a vody na uhlohydráty. Z něj žije zooplankton, který se jím živí, a společně poskytují potravu dalším živočichům stojícím



Obr. 12. Plankton – průměr přibližně jeden milimetr.
a) Fytoplankton: rozsivky rodu Asterionella.
b) Zooplankton: dírkonošec rodu Melonis.

which most is on the land areas and only about 1% in the oceans. However, their annual, primary productivity is very different, with both the ocean and land biospheres producing about 50 billion tonnes each.[9]

This productivity is expressed in a great diversity of species, from large marine mammals such whales, seals, dolphins, walruses and polar bears that exchange oxygen and carbon dioxide directly with the air; to fishes that exchange oxygen and carbon dioxide directly with seawater through their gills; to tiny plankton, viruses and bacteria (each mouthful of sea water is likely to contain about 300 million viruses, 30 million bacteria and 30,000 microalgae and protozoans). Deep waters that well up along coastal margins bring mineral nutrients into surface waters which sustain very rich biotic populations including commercial fisheries.

The ocean's iconic species are the large, photogenic mammals and the fishes that are important components of the human diet, but in terms of their planetary significance, it is the small things, plankton and other micro – organisms that really matter. At the base of the ocean food web are the phytoplankton, the ocean's vegetation. They live in the photic zone of the ocean, the depth to which light penetrates, and grow as a result of photosynthesis, as do land plants, using the energy of light to convert carbon dioxide and water into carbohydrates. They sustain zooplankton which feed on them, and toge-

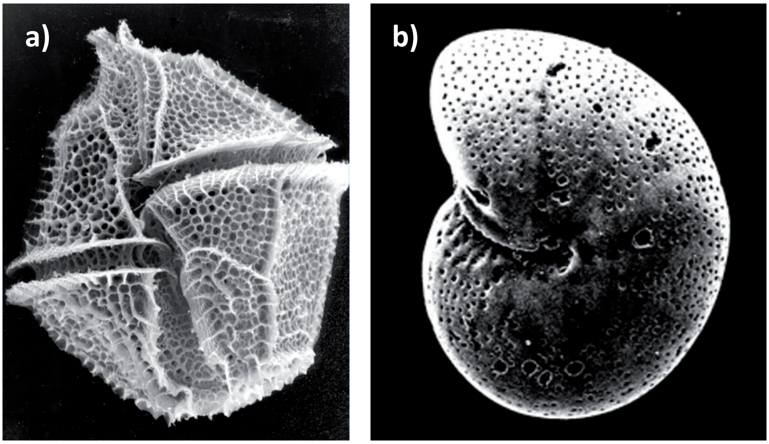


Fig. 12. Plankton – approximately a millimetre in diameter.
a) A phytoplankton genus of Diatom: Asterionella.
b) A zooplankton genus of Foraminifer: Melonus.

výše v potravní síti, včetně dravých savců na jejím vrcholu. Vyrábí dvě třetiny kyslíku na světě. Pomáhá usměrňovat teplotu planety prostřednictvím skleníkových plynů, jako je oxid uhličitý, metan a oxid dusný, jejichž koncentrace v ovzduší ovlivňuje. Sloučeniny síry vznikající v oceánech tvoří částečky, na nichž se formují kapky v mracích, a jako takové spoluurčují planetární oblačnost – což je zásadní faktor určující podnebí na zemském povrchu – a také se účastní přenosu 50 milionů tun síry za rok zpět na pevninu. Tato síra se společně se sloučeninami dusíku vznikajícími v oceánech účastní regulace pH naší atmosféry, a zajišťuje tak, že dešťová voda je neutrální.

Oceán a změna klimatu

Oceán je základní součástí zemského klimatického systému. Na velmi dlouhé časové škále výrazných tektonických změn (řádu milionů let) se pozice kontinentálních desek, polohy pásů hor a geometrie oceánských pánví mohou měnit. Tyto změny geometrie zemského povrchu mohou zvýšit či snížit účinnost přenosu tepla od rovníku k pólům prostřednictvím oceánu a atmosféry, což má za následek zmenšení, respektive zvětšení teplotních gradientů a následnou změnu globálního rozložení teploty. Ekologické důsledky takovýchto změn mohou být extrémní. Fosilní rostliny, které se zachovaly v horninách o stáří mezi 70 a 40 miliony let pocházejících jak z Arktidy, tak Antarktidy, ukazují, že polární území bylo kdysi pokryto bujnými zelenými lesy, jimž se dařilo v teplém, vlhkém podnebí, a to dokonce i když se nacházely poblíž pólů ba i za dlouhé noci během polární zimy[10]. Následující tendence k ochlazování, která vedla k nástupu nedávných dob ledových (obr. 6), částečně odráží klimatický dopad přeuspořádání pevného povrchu Země v důsledku globálních tektonických změn a poklesu koncentrace CO_2 v atmosféře.

Na kratších časových škálách (řádově 1 000 let) znamená velká tepelná setrvačnost oceánů, jejichž hmotnost je asi dvěstěpadesátkrát větší než hmotnost atmosféry, že oceány se jen velmi pomalu přizpůsobují změnám teploty ovzduší. To má za následek, že dokonce i kdyby se oteplování atmosféry, k němuž došlo během uplynulých 40 let, okamžitě zastavilo, oceány by se i nadále několik set let zahřívaly. Dalším důsledkem je to, že oceán také pohltil více než 90 % nadbytečného tepla zachyceného kvůli nárůstu emisí skleníkových plynů. Oceány mají ohromnou schopnost odebírat tepther provide food for other animals higher up the food web, including the predatory mammals at its summit. They produce two thirds of the world's oxygen. They help to control the temperature of the planet through the greenhouse gases such as carbon dioxide, methane and nitrous oxide, whose atmospheric concentrations they influence. Sulphur compounds produced in the oceans, form the particles on which cloud droplets form and as such, both help determine planetary cloudiness, a fundamental determinant of surface climate, and also help transport 50 million tonnes of sulphur every year back to land. This sulphur along with nitrogen compounds produced in the oceans help control the pH of our atmosphere ensuring that rainwater is neutral.

The Ocean and climate change

The ocean is a fundamental part of the Earth's climate system. On the very long timescales of significant tectonic change (order 1 million years), the positions of continental plates, the locations of mountain chains and the geometry of ocean basins can change. These changes in global surface geometry can increase or decrease the efficiency of oceanic and atmospheric poleward transport of equatorial heat, resulting in decreased or increased thermal gradients respectively, and consequent change in the global temperature distribution. The environmental consequences of such changes can be extreme. Fossil plants preserved in rocks between 70 and 40 million years old from both the Arctic and Antarctic show that the polar lands were once covered in lush green forests that flourished in warm humid climates, even though they were situated close to the poles, and even in the long polar winter night.[10] The subsequent cooling trend that led to the onset of the recent ice ages (Fig. 6) in part reflects climatic impact of the reconfiguration of the solid earth surface as a consequence of global tectonic change and reductions in atmospheric CO_2 concentrations.

On shorter timescales (order 1,000 years), the great thermal inertia of the oceans, which has a mass about 250 times greater than that of the atmosphere, means that it adjusts very slowly to changes in atmospheric temperature. A consequence of this is that even if the warming of the atmosphere that has occurred over the last 40 years were to stop immediately, the oceans would continue to warm for several hundred years. A further consequence is that the ocean has also absorbed over 90% of the excess heat trapped by the increase in greenhouse gas emissions. The oceans have a huge capacity lo z atmosféry a zdá se, že hrají stále větší roli při vstřebávání a ukládání oxidu uhličitého vypouštěného čím dál více v důsledku lidské činnosti.

Oceán také podléhá krátkodobým fluktuacím (roky až pár desetiletí), jako je jižní oscilace El Niño, Pacifická dlouhodobá oscilace, Arktická oscilace a Severoatlantská oscilace, které jsou všechny odrazem nestabilit mořského termohalinního systému (teplo-sůl). Jde o volné oscilace systému oceán-atmosféra a o zásadní příspěvek ke krátkodobé proměnlivosti podnebí.

Lidský vliv na oceány

Biologický, chemický a fyzikální vliv lidské činnosti na oceán začal být natolik zásadní, že vyžaduje jak pečlivé vědecké monitorování a rozbor, tak pozornost a akci politiků.

Biologický vliv

Mořská biodiverzita a biomasa se v minulých desetiletích snížily. Populace mořských obratlovců poklesla mezi roky 1970 a 2012 o 49 %. V témže období klesly populace druhů ryb využívaných lidmi o polovinu; jeden ze čtyř druhů žraloků, pravých rejnoků i rejnokovitých je dnes ohrožen vyhynutím především v důsledku nadměrného rybolovu; tropické korálové útesy ztratily během uplynulých 30 let více než polovinu svých korálů. Mezi roky 1980 a 2005 jsme přišli po celém světě o téměř 20 procent mangrovníkového porostu. 29 % mořských rybolovných oblastí je nadměrně vylovováno[11]. Lidská činnost v rozmezí jediné generace vážně poškodila oceán tím, že chytá ryby rychleji, než se dokáží rozmnožovat, a současně také ničí místa, kde se rozmnožují. Bojujeme o to, abychom nalovili ryby, které by mohly skoncovat s tím, že lidé postrádají životně důležitý zdroj potravy a zásadní ekonomický bonus. Nadměrný rybolov, ničení mořského prostředí a změna podnebí mají pro celou lidskou populaci strašné následky, přičemž ty nejchudší komunity, které jsou závislé na moři, jsou zasaženy nejrychleji a nejtvrději. Část poklesu přirozené zásoby ryb však byla nahrazena rozšiřováním rybích farem, které se pyšní tím, že dodávají 40 % ryb konzumovaných člověkem. Vezmeme-li v úvahu roli oceánské biosféry v regulaci podnebí a globální geochemii a také jakožto zdroj potravy pro člověka, mohlo by mít zhroucení mořských ekosystémů vážné hospodářské důsledky.

to sequestre heat from the atmosphere and appear to be playing an increasingly large uptake and storage role for the carbon dioxide increasingly emitted by human activity.

The ocean is also subject to Short – term fluctuations (years to a few decades) such as in the El Niño Southern oscillation, the Pacific decadal oscillation, the Arctic oscillation and the North Atlantic oscillation, all of which reflect instabilities in the ocean's thermo – haline (heat – salt) system. They are unforced oscillations of the ocean/atmosphere system and major contributors to the short – term variability of climate.

The Human Impact on the Oceans

The biological, chemical and physical impacts on the ocean from human activity have become so profound that they demand both careful scientific monitoring and analysis, and political awareness and action.

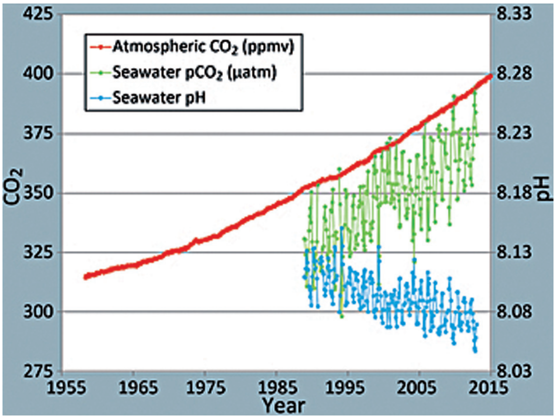
Biological

Marine biodiversity and biomass have been dramatically reduced in recent decades. Marine vertebrate populations declined by 49% between 1970 and 2012. In the same period, populations of fish species utilized by humans fell by a half; one in four species of sharks, rays and skates are now threatened with extinction, due primarily to overfishing; tropical reefs have lost more than half their reef – building corals over the last 30 years. Worldwide, nearly 20 per cent of mangrove cover was lost between 1980 and 2005. 29% of marine fisheries are overfished.[11] In the space of a single generation, human activity has severely damaged the ocean by catching fish faster than they can reproduce while also destroying their nurseries. We are in a race to catch fish that could end with people starved of a vital food source and an essential economic dividend. Overfishing, destruction of marine habitats and climate change have dire consequences for the entire human population, with the poorest communities that rely on the sea being hit fastest and hardest. Part of the decline in natural fish stocks has however been compensated by the growth of aquaculture, which currently supplies 40% of the fish eaten by humans. Given the role of the ocean biosphere in climate control, global geochemistry and as a human food harvest, the collapse of ocean ecosystems could trigger serious economic impacts.

Diferenciace biologických druhů částečně závisí na geografické izolaci, která umožňuje genetickou divergenci oddělených populací. Toto schéma narušil zcela nový proces. Nyní se přes oceán přepravuje rostoucí množství mořských organizmů v důsledku globalizace, obchodu a turistiky. Odhaduje se, že samotná voda ve vyrovnávacích nádržích, které nákladní lodě využívají ke stabilizaci, má na svědomí převoz desítek tisíc různých druhů. Pobřežní vody světa se tradičně dělí do 232 ekooblastí. Zpráva z roku 2008 ukázala, že do nejméně 84 % z těchto ekooblastí již lidé vypustili nové druhy. Mnoho exotických druhů dokáže infiltrovat původní bioty, aniž by jim dominovaly, ale invazivní druhy mohou místní prostředí zcela zničit a stát se osudnými celým komunitám druhů.

Chemický vliv

Ačkoli se hodně pozornosti soustředilo na to, jaký je klimatický dopad atmosférického CO_2, jehož množství roste kvůli spalování fosilních paliv, jeho účinku na oceány, jenž je potenciálně vážnější, se věnovalo pozornosti poměrně málo. Jak jsme poznamenali výše, oceán je důležitým místem likvidace atmosférického CO_2, kdy 30-40 % antropogenního CO_2 se rozpouští v oceánu, řekách a jezerech. Toto rozpuštěné CO_2 však také zvyšuje kyselost oceánu do té míry, že ta nyní roste rychleji než kdykoli během



Obr. 13. Vztah mezi narůstající koncentrací oxidu uhličitého v atmosféře a v oceánu a stoupající kyselostí (snížené pH) mořské vody. (Upraveno podle R.A.Freely, Bulletin of the American Meteorological Society, 2008 & NOAA, 2015).

The differentiation of biological species depends in part on geographic separation that permits genetic divergence of the separated populations. An entirely novel process has disrupted such patterns. Increasing numbers of marine organisms are now transported over the oceans as a result of globalization, trade and tourism. It is estimated that the water in ballast tanks used to stabilize freighters is alone responsible for transporting tens of thousands of different species. The coastal waters of the world are conventionally subdivided into 232 eco – regions. A report in 2008 showed that new species had already been introduced by humans into at least 84% of these eco – regions. Many exotic species can infiltrate the native biota without dominating them, but invasive species can completely destroy habitats and be fatal to entire species communities.

Chemical

Although much attention has focussed on the impact on climate from increasing atmospheric CO_2 from burning fossil fuel, the impact on the oceans, which is potentially more serious, has had relatively little attention. As noted above, the ocean is an important sink for atmospheric CO2, with 30–40% of anthropogenic CO2 being dissolved in the ocean, rivers and lakes. However, this dissolved CO2 also increases the acidity of the ocean, to

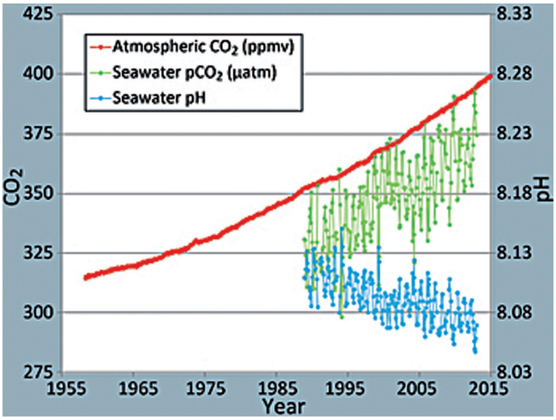


Fig. 13. The relation between the increasing concentration of carbon dioxide in the atmosphere and in the ocean, and the increasing acidity (reduced pH) of ocean waters. (Modified after R.A.Freely, Bulletin of the American Meteorological Society, 2008 & NOAA, 2015).

uplynulých minimálně 400 000 let, a vyvolalo 26% nárůst acidity oceánu od předindustriálních dob. Odhaduje se, že za „běžného chodu věcí“ by tato trajektorie emisí do roku 2100 zvýšila kyselost o 170 % v porovnání s předindustriální úrovní. V geologické minulosti[12] bývaly takovéto hladiny kyselosti spojeny se zásadními změnami dynamiky oceánu a atmosféry, se zhroucením ekosystémů a vymíráním (viz také obr. 5).

Fyzikální vliv

Hlavní vliv člověka na fyziku oceánu je nepřímý prostřednictvím působení člověka na podnebí. Spočívá v tepelném rozpínání oceánů na oteplující se Zemi, což byla prvořadá příčina globálního zvýšení hladiny moří o 190 mm za minulé století a rychlosti stoupání hladiny o asi 3 mm za rok. Očekává se zvýšení rychlosti stoupání hladiny moří kvůli zvýšenému přísunu vody a ledu do oceánů z rozpadajícího se ledového příkrovu v Grónsku a Antarktidě, přičemž v nejhorším případě jde o vzestup o 700 mm do roku 2100.[13]

Strategie pro oceán?

Přírodní kapitál Země nám přináší každoroční dividendu ve formě zdrojů, které tvoří základ naší ekonomiky. Hodnota této každoroční dividendy z oceánu se odhaduje na asi 24 bilionů dolarů[11] a kromě toho je tu i jeho fundamentální role – zajistit systém udržující obyvatele Země naživu. Pokud se tento přírodní kapitál bude i nadále zmenšovat, i jeho každoroční dividenda bude klesat, což je hluboce znepokojivý trend pro svět, v němž pokračuje prudký nárůst populace. Klíčovou prioritou musí být produktivní přírodní kapitál oceánu přinejmenším udržet – a ústředním bodem tohoto velkého úkolu je oddělit růst od ekologického dopadu. Fundamentální politický problém spočívá v tom, že lokální vliv člověka se přenáší do celého světa globálním oceánem, globální atmosférou a globální sítí ekonomik, obchodu a cestování, takže je zapotřebí velkou představivost či znalosti, abychom viděli dopad místních kroků na globální systém. Dokonce ani vnitrozemská Česká republika tedy není zproštěna odpovědnosti za oceány a další součásti globálního systému. Úlohou organizací, jako je česká Učená společnost, je být otevřené při šíření důkazů, prozíravé při určování strategie a odvážné při obhajobě kroků řešících tuto problematiku.

the extent that the ocean acidity is now increasing more rapidly than at any time in at least the last 400,000 years. It has produced a 26% increase in ocean acidity since pre – industrial days, with a projection that a "business as usual" emissions trajectory would increase acidity by 170% by 2100 compared with pre – industrial levels. In the geological past[12], such levels of acidity have been associated with major changes in ocean/atmosphere dynamics, ecosystem collapse and extinction (see also Fig. 5).

Physical

The principle human impacts on the physics of the ocean are indirect via the human impact on climate. They lie in the thermal expansion of the oceans in a warming Earth, which has been the primary cause of the global sea level rise of 190mm in the last century, and the rate of rise of about 3mm per year. An acceleration of this rate of sea level rise is anticipated from accelerated discharge of water and ice into the oceans from the decay of the Greenland and Antarctic ice sheets, with a worst – case scenario of a 700mm rise by 2100.[13]

Policies for the Ocean?

The Earth's natural capital yields an annual dividend of resources that form the bedrock of the human economy. The value of the annual dividend from the ocean is estimated to be about $24 trillion[11], in addition to its fundamental role in maintaining a life support system for Earth's inhabitants. If that natural capital continues to diminish, its annual dividend will also diminish, a profoundly disturbing trend for a world in which the population continues to boom. The key priority must be at least to maintain the ocean's productive natural capital, central to which challenge is the de – coupling of growth from environmental impact. A fundamental political problem is that local human impacts are transmitted globally through the global ocean, the global atmosphere and the global network of economy, trade and travel, such that a leap of imagination, or knowledge, is required to see the implications of local actions for the global system.

Even the landlocked Czech Republic is not therefore absolved from responsibility for the oceans and other parts of the global system. It is a responsibility of bodies such as the Czech Learned Society to be forthright in broadcasting evidence, astute in identifying strategies and bold in advocating action to address these issues.

VÝBĚR LITERATURY

[1] Vine F J and Matthews D H (1963) Magnetické anomálie nad oceánskými hřbety. *Nature* **199** 947–949.

[2] Keppler H (2014) Hlubinný zásobník vody na Zemi. *Nature* **507** 174–175.

[3] http://www.deepseadrilling.org/about.htm

[4] Croll J (1864) O fyzikální příčině změny podnebí v průběhu geologických období. *Philosophical Magazine* **28** 121–137.

[5] Milankovitch M (1941) Kánon izolace a problém dob ledových. *Israel Program for Scientific Translations.* Jerusalem, 1969.

[6] Hays› J D, Imbrie J a Shackleton N J (1976) Variace zemské oběžné dráhy: stimulátor dob ledových. *Science* **194** (4270) 1121–1132.

[7] Czaja A a Marshall J (2006) Rozdělení tepla přenášeného k pólům mezi atmosféru a oceán. *Journal of the Atmospheric Sciences* **63** 1498–1511.

[8] Nikolaev S D, Oskina N S, Blyum N S a Bubenshchikova N V (1998) Neogénní-kvartérní variace teplotního gradientu „pól-rovník“ pro povrchovou oceánskou vodu v severním Atlantiku a severním Pacifiku. *Global and Planetary Change* **18** 85–111.

[9] Whitman W B, Coleman D C a Wiebe W J (1998) Prokaryota, neviditelná většina. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **95** 12: 6578–6583.

[10] Miller M F, Knepprath, N E, Cantrill D J, Francis J E a Isbell J L (2015) Vysoce produktivní polární lesy z antarktického permu. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (in press).

[11] World Wildlife Fund (2015) Živoucí modrá planeta. *Report*.

[12] Hönisch B a kol. (2012) Geologický záznam acidifikace oceánu. *Science* **335** 1058-1063.

[13] Paolo F S, Fricker H A a Padman L (2015) Ztráta objemu antarktického ledového šelfu se urychluje. *Science* **348** (6232) 327–331.

Přečtěte si víc na adrese: http://phys.org/news/2014-06-mesoscale-eddies-ocean-previously-thought.html#jCp

SELECTED REFERENCES

[1] Vine F J and Matthews D H (1963) Magnetic Anomalies Over Oceanic Ridges. *Nature* **199** 947–949.

[2] Keppler H (2014) Earth's deep water reservoir. *Nature* **507** 174–175.

[3] http://www.deepseadrilling.org/about.htm

[4] Croll J (1864) On the Physical Cause of the Change of Climate During Geological Epochs. *Philosophical Magazine* **28** 121–137.

[5] Milankovitch M (1941) Canon of Insolation and the Ice – Age Problem. *Israel Program for Scientific Translations.* Jerusalem, 1969.

[6] Hays› J D, Imbrie› J and Shackleton N J (1976) Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science* **194** (4270) 1121–1132.

[7] Czaja A and Marshall J (2006) The Partitioning of Poleward Heat Transport between the Atmosphere and Ocean. *Journal of the Atmospheric Sciences* **63** 1498–1511.

[8] Nikolaev S D, Oskina N S, Blyum N S and Bubenshchikova N V (1998) Neogene–Quaternary variations of the 'Pole–Equator' temperature gradient of the surface oceanic waters in the North Atlantic and North Pacific. *Global and Planetary Change* **18** 85–111.

[9] Whitman W B, Coleman D C and Wiebe W J (1998) Prokaryotes, the unseen majority. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **95** 12: 6578–6583.

[10] Miller M F, Knepprath, N E, Cantrill D J, Francis J E and Isbell J L (2015) Highly productive polar forests from the Permian of Antarctica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (in press).

[11] World Wildlife Fund (2015) Living Blue Planet. *Report*.

[12] Hönisch B et al. (2012) The Geological Record of Ocean Acidification. *Science* **335** 1058–1063.

[13] Paolo F S, Fricker H A and Padman L (2015) Volume loss from Antarctic ice shelves is accelerating. *Science* **348** (6232) 327–331.

Read more at: http://phys.org/news/2014-06-mesoscale-eddies-ocean-previously-thought.html

Jak nám geneticky upravené plodiny mohou pomoci nasytit svět?

Brian Heap
St Edmund's College, Cambridge CB3 0BN
a Centre for Development Studies, University of Cambridge,
2nd Floor, Alison Richard Building, 7 West Road,
Cambridge CB3 9DT

Pozadí problematiky

Nositel Nobelovy ceny z Cambridge, Sir Aaron Klug, popsal ve svém proslovu, který přednesl roku 1999 coby prezident Královské společnosti, britské akademie věd, že tato společnost se již od roku 1960 zajímá o technické postupy různých řemesel, povolání a průmyslových oborů a vytkla si za cíl sbírat informace o nich z toho důvodu, že nejde pouze o materiál pro studie učenců, nýbrž že budou mít též praktickou hodnotu. Vysvětlil, že „Společnost došla k pevnému názoru, že veřejná politika by měla vycházet z nejlepších dostupných vědeckých výsledků a nikoli z propagandy či emocí; a že tam, kde má nějaká nová technologie potenciál přinést skutečný a praktický užitek, je Společnost toho názoru, že tento potenciál by měl být plně prozkoumán spolu s případnými riziky".

Mezi četnými tématy, jimž se Společnost věnuje, vystupuje do popředí případ geneticky upravených (GM) plodin. Jeden z důvodů vyplývá z dobře doložené předpovědi, že čelíme narůstající poptávce po omezených světových zdrojích. Počet obyvatel světa narostl od roku 1960 ze 3 miliard na dnešních 7,3 miliardy a předpokládaný budoucí nárůst nás přivádí k téměř 10 miliardám do roku 2050. Organizace pro výživu a zemědělství OSN (FAO) tedy odhaduje, že výroba potravin musí během téhož období vzrůst přinejmenším o 70 %. Otázka, jíž se věnuje tento článek, zní, zda by zde GM plodiny mohly sehrát nějakou roli a dále jaká jsou rizika spojená s iracionálními obavami rozdmýchávanými dezinformacemi o této technologii.

Dějiny jsou plné příkladů toho, jak nově vznikající technologie vedly ke kontroverzím. Během britské průmyslové revoluce se lidé obávali o svá pracovní místa a bezpečí. Účastnili se stávek a ničení strojů v rámci hnutí, které vešlo ve známost jako luddité. V 60. letech minulého století se v Japon-

How can genetically-modified (GM crops) help to feed the world?

Brian Heap
St Edmund's College, Cambridge CB3 0BN
and Centre for Development Studies, University of Cambridge,
2nd Floor, Alison Richard Building, 7 West Road,
Cambridge CB3 9DT

Background

Cambridge Nobel Laureate, Sir Aaron Klug, described in his 1999 Presidential Address how the Royal Society, the UK's academy of science, had interested itself since 1660 in the technical processes of various crafts, trades and industries and set out to collect information on them with the aim that this would not only provide material for the studies of scholars, but would also be of practical value. He explained how 'the Society is determined that public policy should be based on the best available science, rather than on propaganda or emotion; and, where a new technology has the potential to offer real practical benefits, the Society is determined that that potential should be fully examined along with the possible risks'.

Among the numerous topics addressed by the Society, the case of genetically modified crops has featured prominently. One of the reasons arises from the well authenticated forecast that we face an increasing demand for the world's finite resources. Since 1960 the world population has grown from 3 billion to 7.3 billion today, and projections for future growth take that to nearly 10 billion by 2050. The UN Food and Agriculture Organisation (FAO) estimates that food production must therefore increase by at least 70% over the same period. The issue addressed in this paper is whether GM crops could play a part and the risks associated with irrational fears stoked by misinformation about the technology.

History is replete with examples of how emerging technologies have led to controversy. During the British industrial revolution people feared for their jobs and safety. They took part in strikes and the destruction of machinery in what became known as the Luddite movement. Semiconductor diffusion was rapidly taken up in Japan in the 1960s but resistance in sku rychle ujaly a rozšířily polovodiče, ve Francii ale odpor vůči nim vyústil v jejich nedostatečné zastoupení v průmyslu této země. Počítačová fotosazba zprostila mezi roky 1975 a 1980 sazeče pracující v novinovém průmyslu na londýnské Fleet Street nutnosti rozsáhlé práce s klávesnicí, zapříčinila ale v tomto odvětví spory a střety. Protijaderná hnutí jednadvacátého století složitě ovlivňovala vznik nového celosvětového energetického průmyslu[1].

Dalším případem je intenzivní zemědělství, jež bylo pranýřováno, ačkoli v uplynulém půlstoletí vedlo k působivému nárůstu výroby potravin. Mezi jeho ekologickými náklady jsou uváděny ztráta ornice v důsledku eroze, desertifikace a vzrůstající slanost zeminy, znehodnocování zemědělské půdy vypásáním a vznik podřadných pozemků a lesů zbavených porostu v důsledku nadužívání. Biotechnologie jakožto hybná síla změn jsou zpochybňovány na základě obav z nových postupů a to dokonce i navzdory jejich prokázanému globálnímu přínosu, což se promítá do veřejných demonstrací a záměrného ničení plodin. Odpor vůči nové technologii není v žádném případě novým úkazem.

Potravinová nejistota

Předpovědi celosvětové dodávky energie v potravě naznačují, že nedokáže udržet krok s nárůstem populace, což potenciálně povede k mezinárodním společenským nepokojům. Tato prognóza nám připomíná vlivnou esej reverenda Thomase Malthuse z Jesus College v Cambridgi napsanou před více než 200 lety – *Pojednání o zákonu populace* – na základě níž jeho jméno ve světě zdomácnělo. Malthus přitáhnul pozornost k „období, jehož se brzy dočkáme, kdy nebude dostatek potravy, jež by nasytila lidi po celém světě“, a hrozivým následkům, které z toho vyplynou. Tento děsivý malthuziánský scénář jsme obešli do značné míry díky úžasnému rozvoji nauky o šlechtění rostlin, které zvedlo celosvětovou produkci potravin již před nárůstem populace, ač třeba ne ve všech oblastech světa. Mohou tedy technologická řešení dosáhnout téhož i v následujícím půlstoletí?

Stávající situace je taková, že ze 7,3 miliardy lidí na světě je dnes 805 milionů těch, kteří nemají zajištěné potraviny a trpí chronickou podvýživou. Téměř všichni žijí v méně rozvinutých zemích a mezi obyvatelstvem rozvojových zemí představují každou osmou osobu[2,3]. Jisté náznaky povzbuzujících signálů přicházejí z globálního indexu hladu (GHI)[4], jenž poklesl z hodnoty 19,7 v roce 1990 na 12,5 v roce 2014. Šestnáct zemí nicméně

France resulted in a lack of its industrial presence in that country. Computerized photocomposition eliminated the need for large amounts of keyboarding by compositors in the newspaper industry of Fleet Street in London in 1975–80, but it gave rise to industrial strife and conflict. The anti-nuclear movements of the 21st century have had a complex effect on the emergence of a new global energy industry[1].

High-input agriculture is another case which has been castigated even though it has given rise to spectacular increases in food production over the past half-century. Environmental costs are listed as loss of topsoil due to erosion, desertification and increased salinity, agricultural land degraded by overgrazing and the generation of marginal land, and forests denuded by overexploitation. Biotechnology as a driver of change is challenged by fears about the new technologies even in the face of proven global benefits and this has been reflected in public demonstrations and the wilful destruction of crops. Resistance to new technology is by no means a new phenomenon.

Food insecurity

Forecasts of global dietary energy supply indicate that it will fail to keep pace with population growth leading to the potential for international social unrest. The forecast is reminiscent of the seminal essay of the Rev Thomas Malthus of Jesus College, Cambridge written over 200 years ago – *An Essay on the Principle of Population* – from which his name became a household word. Malthus drew attention to a 'stage that would soon be reached where there was not sufficient food to feed the people of the world' and the dire consequences that would follow. This Malthusian nightmare scenario has been circumvented due in large part to the brilliance of advances in the science of plant breeding which has increased food production ahead of population growth globally, if not in all areas of the world. So can technological fixes do the same for the next half-century?

The present situation is that there are 805 million of the 7.3 billion people in the world today who are food insecure and suffer from chronic undernourishment. Almost all them live in less developed countries, representing one in eight of the population of developing countries[2,3]. Some signs of encouragement come from the Global Hunger Index (GHI)[4] which has fallen from 19.7 in 1990 to 12.5 in 2014. Nonetheless, 16 countries re-zůstává v kategorii „znepokojivé“ či „mimořádně znepokojivé“ (<4,9, nízká úroveň hladu; 5–9,9 mírná úroveň hladu; 10–19,9 závažná úroveň hladu; 20–29,9 znepokojivá úroveň hladu; >30 mimořádně znepokojivá úroveň hladu), takže země v poslední kategorii, jako je Burundi a Eritrea, si žádají bezodkladnou akci. (GHI řadí země podle stobodové stupnice; nula je nejlepší skóre bez hladu a 100 je nejhorší, ačkoli v praxi se ani jednoho z těchto extrémů nedosahuje.)

Dlouhodobé účinky podvýživy jsou závažné. Způsobují, že jedno ze tří dětí je malého vzrůstu s rizikem poruch učení, duševní zaostalosti, chatrného zdraví a chronických chorob v dalším životě. Hlad může vést k ještě většímu hladu kvůli neschopnosti pracovat a učit se[3]. Faktorem stojícím zde v pozadí je *populační tlak*, protože ten může vést k úplnému nebo téměř úplnému zhroucení jednotlivých společenství[5,6]. Dalším faktorem je *ztráta schopností*, protože nejde pouze o otázku toho, jak lidé ve skutečnosti fungují, nýbrž také jaká je jejich schopnost fungovat v důležitých situacích[7]. Starost vyvolává také *nestálost cen potravin* způsobená nejistotou na trhu, ať již hnanou spekulativním obchodováním s futures kontrakty na zemědělské komodity či požadavky na obnovitelná paliva pro danou zemi. Nedokážeme-li nasytit každého člověka dnes, jak můžeme v polovině tohoto století nasytit další 2 miliardy lidí, z nichž mnozí budou žít v přelidněných městských aglomeracích v rozvíjejících se zemích?

Zemědělství dokáže vyprodukovat dost potravin na to, aby nasytilo každého, vezmeme-li 2 720 kilokalorií (kcal) na osobu a den jako příjem, jenž by uspokojil většinu z nás, kteří vedeme přiměřeně aktivní život. Jednou z možností by bylo přesouvat po světě velké objemy potravin a Světový potravinový program Spojených národů zdůvodňuje, že hlavními viníky jsou nedostatečné investice do infrastruktury, která by dostala potraviny z místa, kde byly vypěstovány, tam, kde budou snědeny, a dále překonání nestoudného plýtvání potravinami[8]. Přeprava je však drahá, přesouván je často špatný druh potravin, který nenaplňuje stravovací nároky těch nejvíce potřebných, a tento proces také přispívá k zátěži dané skleníkovými plyny.

Právo na potraviny je základním lidským právem a zemědělství zůstává jedním z nejúčinnějších způsobů, jak omezit chudobu. Země, které zůstávají vystaveny nejvyššímu riziku, že nebudou mít zajištěny potraviny, jsou právě ty, kde potraviny tvoří velkou část celkových výloh: 40 % v Číně, 43 % na Filipínách, 45 % v Indonésii, 48 % v Pákistánu, 50 % v Indii a Vietmain in the 'alarming' or 'extremely alarming' categories (<4.9, low hunger; 5-9.9 moderate; 10-19.9 serious; 20-29.9 alarming; >30 extremely alarming) so that urgent action is called for in countries in the latter category such as Burundi and Eritrea. (The GHI ranks countries on a 100-point scale; zero is the best score with no hunger, and 100 is the worst, although neither of these extremes is reached in practice).

The long term effects of malnutrition are serious. They cause one in three children to have stunted growth with the risks of learning disabilities, mental retardation, poor health, and chronic diseases in later life. Hunger can lead to even greater hunger because of the inability to work and learn[3]. *Population pressure* is an underlying factor because it can lead to the collapse, or nearly so, of individual societies [5,6]. *Capability-deprivation* is another because it is not only a question of how people actually function that matters but their capability to function in important ways[7]. *Food price volatility* is a further concern due to market uncertainties, whether driven by speculative future trading of agricultural commodities or the demands of renewable fuels for land. So if we fail to feed everyone today, how can we feed an extra 2 billion people by the middle of this century, many of whom will live in the overcrowded urban conurbations of developing countries?

Agriculture can produce enough to feed everyone if we take 2,720 kilocalories (kcal) per person per day as the intake that would satisfy most of us who lead a moderately active lifestyle. Moving large supplies of food around the world would be one possibility and the United Nations World Food Programme makes the case that major culprits are a lack of investment in infrastructure that gets food from where it is grown to where it is eaten, and overcoming obscene food wastage[8]. However, transportation is expensive, it is often the wrong type of food that is moved to meet the dietary needs of those in greatest need, and the process adds to the burden of greenhouse gases.

The right to food is a basic human right and agriculture remains one of the most effective ways to reduce poverty. The countries that remain most at risk of food insecurity are those where food makes up a large portion of overall spending: 40% in China, 43% in the Philippines, 45% in Indonesia, 48% in Pakistan, 50% in India and Vietnam, 70% in Congo. The FAO Food Price Index measures the monthly change in international prices of a basnamu, 70 % v Kongu. Index cen potravin organizace FAO měří měsíční změnu mezinárodních cen koše pěti typických potravinových komodit. Mezi lednem 2004 a květnem 2011 došlo dvakrát k prudkému nárůstu Cenového indexu a oba případy byly spojeny s počátkem potravinových bouří a nepokojů v severní Africe a na Středním východě. Potravinové krize dohnaly k hladu okolo 100 milionů lidí, ačkoli nešlo pouze o nedostatek potravin, ale také o volatilitu trhu a spekulace, které vyhnaly ceny nahoru a vyvolaly v několika zemích nepokoje.

Jaké ponaučení plyne z minulosti?

Při hledání řešení problematiky zajištění potravin ukazují dějiny zásadní roli, již hrají inovace ve výrobě potravin, a vliv ochoty farmářů zkoušet nové nápady. Dokonce i chudí farmáři se rozhodují racionálně, maximalizují výnosy ze zdrojů, které mají k dispozici, a reagují přiměřeně na vnější pobídky. Možná se jim nepodaří zbavit se chudoby, to je ale typicky důsledkem nedostatku skutečných příležitostí a pobídek, a nikoli kvůli tomu, že by nebyli ochotni inovovat a experimentovat.

Další ponaučení je to, že v problematice zajištění potravin neexistují žádná rychlá řešení. V rozvinutých i rozvojových zemích sehrály vhodné inovace svou roli v mnoha situacích. Britský ekonom E. F. Schumacher pro svou vlivnou studii „ekonomiky, v níž jakoby na lidech záleželo“ vymyslel frázi „Malé je krásné.“ Jeho myšlenka, která byla poprvé uveřejněna roku 1973[9], spočívala v tom, že malé a vhodné (středně pokročilé) technologie dovolují lidem víc než zaměřování se na heslo „velké je lepší“. Například tradiční zemědělský systém domácích zahrádek v Indonésii využívá mimořádnou biodiverzitu plodin, které majitel malé farmy najde v okolí domova a které mu zajišťují udržitelné živobytí. Zatímco více než 90 % našich potravin pochází z pouhých 15 rostlinných druhů, biodiverzita rostlin je ohromná, protože existuje 250 000 známých vyšších rostlinných druhů a o 30 000 z nich se ví, že jsou jedlé.

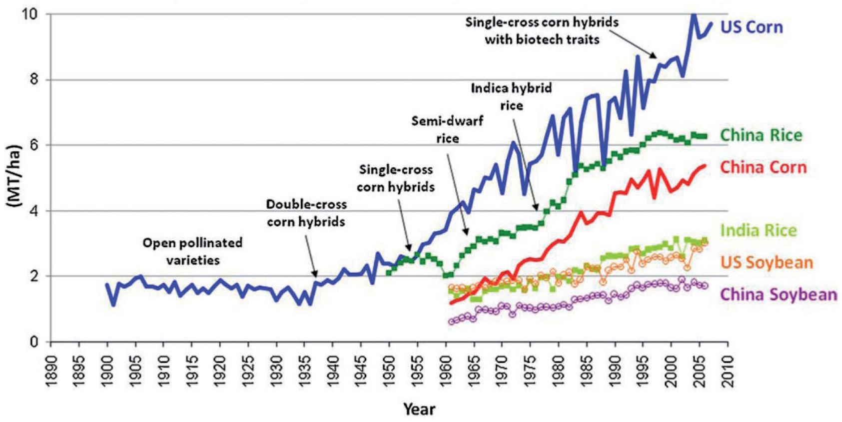
Mezi předchozí inovace v oblasti zvýšení výroby potravin patří nejdéle probíhající pokus s výnosem pšenice, který začal roku 1843 – jde o Broadbalskou studii z Rothamstedského výzkumného ústavu ve Velké Británii. Ta jasně prokázala hodnotu postupných inovací – šlechtění rostlin, využití organických i chemických látek (mrva, hnojiva, herbicidy, insekticidy a fungicidy) a moderních rostlinných biotechnologií. Broadbalská studie ukázaket of five typical food commodities. There were sharp increases in the Price Index between January 2004 and May 2011 and on both occasions this was closely linked with the beginning of food riots and unrest in North Africa and the Middle East. Food crises pushed around 100 million people into hunger, though it was not only of food shortages but also market volatility and speculation that sent prices through the roof and sparked riots in several countries.

What are the lessons from the past?

In seeking to address food insecurity, history reveals the vital role that innovation plays in food production, and the willingness of farmers to explore new ideas. Even poor farmers are rational decision-makers who maximize the returns from the resources at their command and respond appropriately to incentives. They may fail to leave poverty, but this is typically due to lack of real opportunities and incentives, and not because they are unwilling to innovate and experiment.

Another lesson is that there are no quick fixes to the issue of food insecurity. Appropriate innovations have played a role in many settings in developed and developing countries. British economist, E. F. Schumacher, coined the phrase, ‘Small Is Beautiful’, for his influential study of ‘economics as if people mattered’. First published in 1973[9] his idea was that small, appropriate (intermediate) technologies empower people more than the focus on ‘bigger is better’. The traditional agrosystem of a home garden in Indonesia, for example, makes use of the extraordinary biodiversity of crops which can be found around a small farmer’s home providing for a sustainable livelihood. While only 15 plant species supply more than 90% of our food, the biodiversity of plant species is enormous with 250,000 known higher plant species of which 30,000 are known to be edible.

Past innovations on how to increase food production include the world’s longest experiment on wheat productivity which started in 1843 – the Broadbalk study at the Rothamsted Research Institute, UK. It has clearly demonstrated the value of stepwise innovations – plant breeding, organic and chemical applications (manure, fertilizers, herbicides, insecticides and fungicides), and modern plant biotechnology. The Broadbalk study showed their cumulative effect on wheat yield which exceeded a 10-fold



Obr. 1. Zvýšení výnosu kukuřice, rýže a sójových bobů prostřednictvím technologických inovací[10].

la jejich kumulativní vliv na výnos pšenice, jenž vzrostl desetinásobně v porovnání s ubohým dvojnásobným nárůstem bez použití inovací. Další příklady jsou uvedeny na obrázku 1.

Mezi mnoho dalších inovací patří i vodohospodářství a kapková závlaha. Jejich průkopníky byly podnikavé nevládní organizace (NGO) jako například *KickStart*. Nízkonákladové, lidskou silou poháněné zavlažovací čerpadlo prokázalo vysokou účinnost, co se týče spotřeby energie a vody. Čerpá vodu z řek a potoků do výšky odpovídající čtyřpodlažní budově a ze strany farmáře si vyžádá kapitálovou investici v rozmezí 30-100 britských liber s ročními provozními náklady 5 liber. Žádné zvláštní odborné znalosti nejsou nutné. Takováto soustava čerpadel ovládaná dvěma lidmi (obvykle manželským párem) směruje vodu pod tlakem přímo ke kořenovému systému nebo na samotnou rostlinu. V Keni a okolí pozvedla z chudoby kolem 800 000 lidí a je navržena speciálně tak, aby odpovídala socioekonomickým a kulturním podmínkám drobných farmářů[11].

Klíčovým ponaučením z posledních tří století je to, že za rozvojem technologií obecně a inovací zvlášť stáli vlastníci kapitálu, což nejlépe dokládá příklad průmyslové revoluce. Šlechtění rostlin jakožto technologie a genetika jakožto věda nejsou žádnou výjimkou, jelikož zde sociální a ekonomické síly maximalizují svou příležitost vytvářet a hromadit bohatství[12].

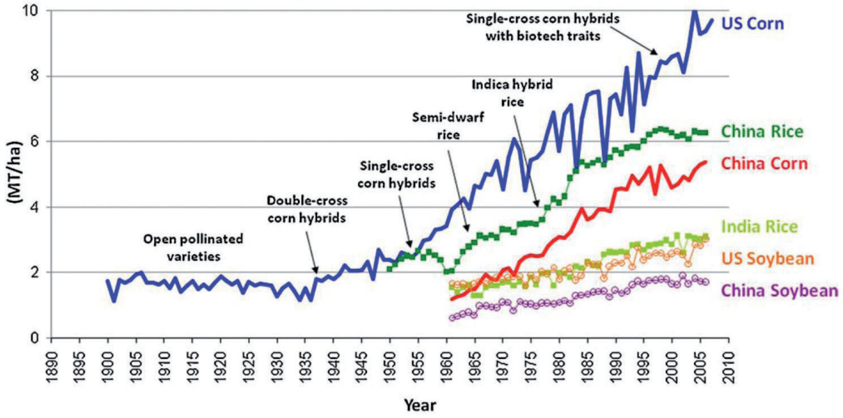


Fig. 1. Maize (corn), rice and soybean yield improvements through technological innovations[10].

increase compared with a meager two-fold rise when none were adopted. Further examples are illustrated in Figure 1.

Among many other innovations are water management and drip irrigation. Pioneered by entrepreneurial non-governmental organisations (NGOs) such as *KickStart,* a low-cost, human-powered irrigation pump has proved highly efficient in terms of energy and water consumption. It pumps water up from rivers and streams to the equivalent height of a 4 storey building, and requires a farmer to make a capital investment ranging from £30 -100 with running costs of £5 annually. No special expertise is necessary. The pump system managed by two people (usually husband and wife) directs pressurized water straight onto the root system or onto the plant itself. It has brought about 800,000 people out of poverty in Kenya and beyond, and is specially designed to fit the socio-economic and cultural circumstances of smallholder farmers[11].

A key lesson of the last three centuries is that technology in general and innovation in particular have been driven by the owners of capital as best exemplified by the industrial revolution. Plant breeding as a technology and genetics as a science are no exceptions with social and economic forces maximising their opportunities for wealth creation and accumulation[12].

Zajištění a udržitelnost výroby potravin

Zajištění potravin znamená „stav se spolehlivým přístupem k dostatečnému množství cenově dostupných a výživných potravin". To se stalo realitou v mnoha částech světa, protože v uplynulých 200 letech zaznamenala celosvětová produktivita výroby potravin veliký úspěch[13]. Produkce potravin na hlavu se zvedla na asi jedenapůlnásobek až téměř trojnásobek díky používání jak konvenčních, tak pokročilých postupů[14, 15]. Poměrná celosvětová výroba hlavních obilovin se v průběhu uplynulých 50 let zvýšila na dvouapůlnásobek (pšenice, ječmen, kukuřice, rýže, oves), u hrubozrnných a kořenových plodin šlo téměř o jedenapůlnásobek (proso, čirok, maniok a brambory) a počet kuřat vzrostl asi čtyřiapůlkrát, prasat dvaapůlkrát, ačkoli počet skotu, buvolů, ovcí a koz stoupl jen méně než jedenapůlkrát[15].

Co se týče rozvojových zemí, popsal M. S. Swaminathan, jak Indie během půl století přijala některé inovativní kroky k maximalizaci výnosů rýže a pšenice v oblastech, kde je k dispozici zavlažování, a spustila tak Zelenou revoluci. Conway se výrazně zasazoval za „dvojitě zelenou revoluci" jakožto základ teorie změny pro rozvojové země, které si osvojí tradiční i moderní technologie[13] , ale Swaminathanova výzva ke „stálezelené" revoluci prostřednictvím ekologicky rozumné a udržitelné politiky prošla převážně bez odezvy[16] a v mnoha oblastech chudoba dosud zvedá hlavu coby zásadní problém. Globální scénáře nicméně vykreslují obrázek, podle nějž bude ke konzumaci k dispozici o 100-180 % víc potravin za předpokladu, že výroby potravin se dosáhne prostřednictvím udržitelných systémů[17], které nemusejí znamenat snížení výnosů ani zisku[18].

Novým heslem dne se stalo „Udržitelná intenzifikace – z méně vypěstovat víc"[15,18,19]. V roce 2050 už bude každý hektar země muset nasytit pět lidí v porovnání s pouhými dvěma lidmi v roce 1960 a to bude k dispozici méně vody. To si vyžádá používání jednotných manažerských postupů v boji proti škůdcům, v chovu dobytka a lesním hospodářství, které povedou k ochraně půdních živin a zásob vody omezením orby a udržitelnou mírou sklizní. Vysoko na seznamu bodů důležitých pro budoucí zajištění výživy figurují také zvýšené dodávky ryb umožněné jejich pěstováním a udržitelným rybolovem. Zatímco hlavním řešením v minulosti bylo zapojit do výroby další pozemky, tyto možnosti již nejsou tak jednoduché, jelikož zbývá jen málo půdy vhodné k zemědělství.

Food security and sustainability

Food security means ‘the state of having reliable access to a sufficient quantity of affordable, nutritious food’. It has become a reality in many parts of the world as global food productivity has proved to be a success story over the past 200 years[13]. Food production per capita has been raised between 1.5 and nearly 3-fold through the application of both conventional and advanced practices[14,15]. The relative global production of main grains has increased over the past 50 years by 2.5-fold (wheat, barley, maize, rice, oats), coarse grains and root crops by nearly 1.5 fold (millet, sorghum, cassava and potato), and chicken numbers by about 4.5-fold, pigs by 2.5, though cattle, buffalo, sheep and goats by less than 1.5-fold[15].

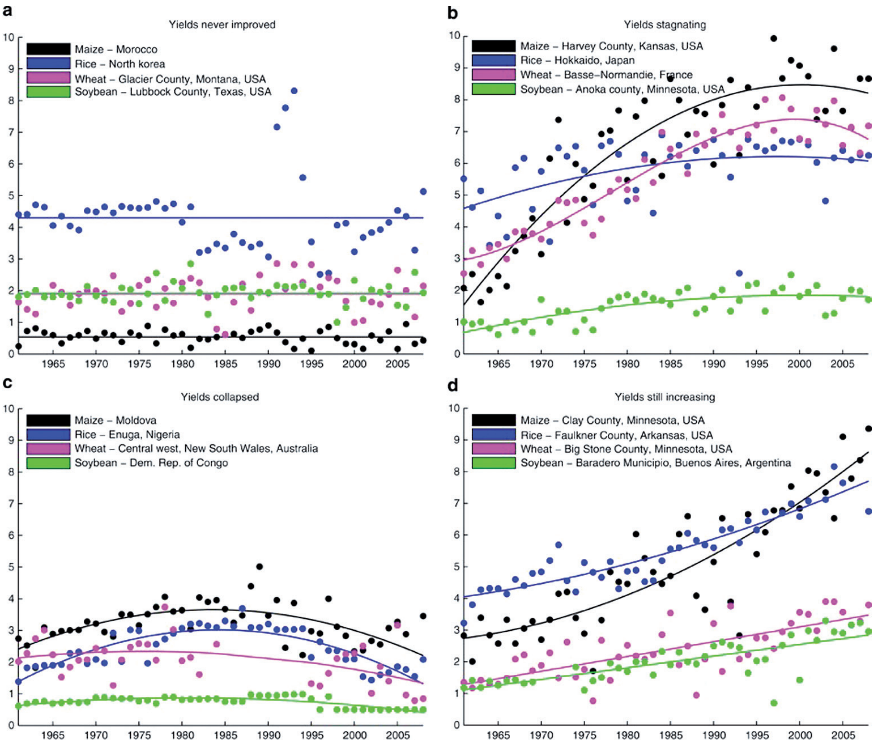
In developing countries M S Swaminathan has described how in India within a half century innovative steps were taken to maximise rice and wheat yields in districts where irrigation was available, building the Green Revolution. A case has been strongly argued by Conway for a ‘doubly-green revolution’ as the basis of a theory of change for developing countries embracing traditional and modern technologies[13] , but Swaminathan’s appeal for an ‘ever-green’ revolution through ecologically-sound and sustainable policies went largely unheeded [16] and poverty still raises its head as a substantial problem in many parts. Nonetheless, global scenarios paint a picture of 100-180% more food becoming available for consumption provided food production is achieved through sustainable systems[17], and they do not have to mean a reduction in yields or profits [18].

‘Sustainable intensification – growing more from less’ has become the new rallying cry[15,18,19] . Each hectare of land will need to feed 5 people by 2050 compared to just two people in 1960, and with less available water. This will involve the use of integrated management schemes for pest control, livestock, and forestry leading to conservation of soil nutrients and water supplies by reduced tillage and sustainable harvesting. Increased supplies of fish through aquaculture and sustainable fishing are also high on the agenda of future nutrition provision. Whereas in the past the primary solution has been to bring more land into production, such options are no longer straightforward as little additional land suitable for agriculture remains.

The challenge for the future is three-fold: to increase sustainable agricultural production, especially of nutrient-rich foods, to do so in ways

Budoucnost čelí trojí výzvě: zvýšit udržitelnou zemědělskou výrobu a to zvláště potravin bohatých na živiny, dosáhnout toho způsobem, jenž sníží nerovnost, zvrátit a zastavit další degradaci zdrojů a zabývat se „výnosovou propastí", která se projeví, když nejvyšší výnosy obilovin jsou výrazně vyšší než výnosy, jichž typicky dosahují farmáři. Tato „výnosová propast" odráží vliv, jenž na výnosy měly nejúspěšnější výsledky šlechtění rostlin i zlepšení agronomických postupů v uplynulých 25 letech[15]. V roce 1948 byly výnosy pšenice ve Velké Británii 2,8 t/ha a k dnešnímu dni se zvedly na 8 t/ha a ti nejlepší pěstitelé pšenice dokáží získat až 10-12 t/ha, přičemž omezováni jsou pouze dostatkem vody.

Zůstávají dvě výhrady. Zaprvé, i když stávající rychlost nárůstu výnosů jednotlivých odrůd je možné udržet ještě řadu let rozšířením současného



Obr. 2. Ilustrativní příklady všech čtyř druhů trendů celosvětových výnosů plodin[20]. Přetištěno se svolením společnosti Macmillan Publishers Ltd: *Nature Communications* (2012) 3, 1293.

which reduce inequality, reverse and prevent further resource degradation, and address the 'yield gap' which shows up when the best yields of cereal crops are substantially greater than those typically obtained by farmers. The 'yield gap' reflects the influence of the best of plant breeding on yields over the last 25 years, as well as agronomic improvements[15]. Wheat yields in the UK were 2.8t/ha in 1948 and have increased to 8t/ha now, and the very best wheat growers can achieve 10-12 t/ha limited only by water availability.

Two caveats pertain. First, while the current rate of progress in varietal yield can be maintained for some years by extension of the current gene pool and more intensive use of genetic markers, there is little prospect of a stepwise increase in yield equating to a second green revolution unless the

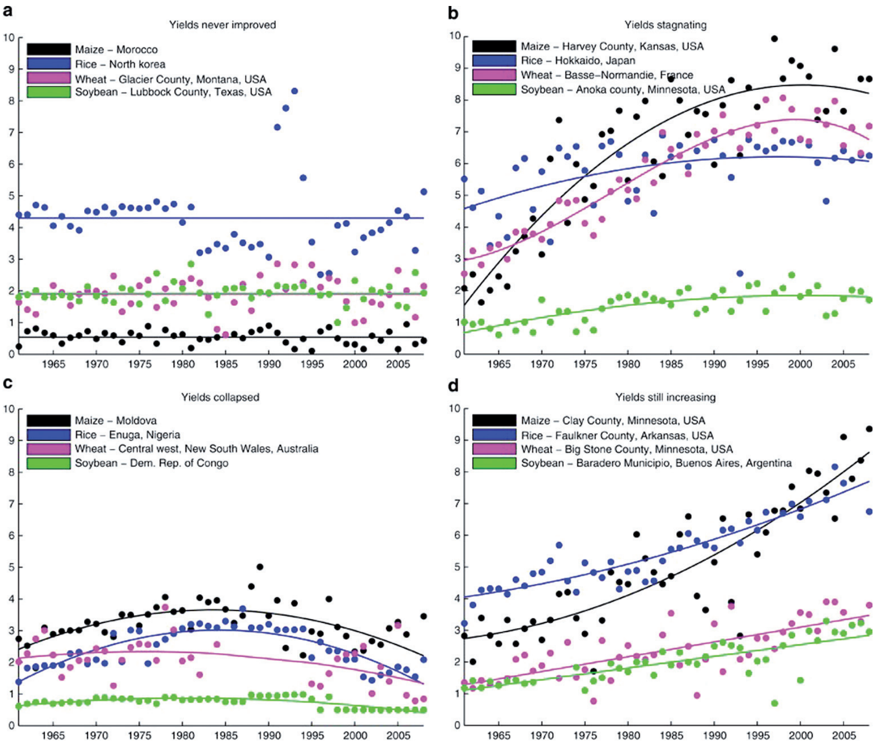


Fig. 2. Illustrative examples for each of the four types of global crop yield trends [20]. Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: *Nature Communications* (2012) 3, 1293

genofondu a intenzivnějším využíváním genetických markerů, vyhlídky na skokové zvýšení výnosů odpovídající druhé zelené revoluci jsou jen malé, pokud nebude možné radikálně posunout fyziologii plodin. Konvenční šlechtění rostlin již nedokáže uspokojit celosvětovou poptávku plynoucí z rostoucího počtu obyvatel kvůli úbytku zemědělských zdrojů, jako je půda a voda, a zřejmého ustálení výnosové křivky hlavních plodin (obr. 2). Měly by tedy být vyvinuty a využity nové technologie vylepšování plodin.

Zadruhé naše modely naznačují, že změna podnebí potlačila v průběhu uplynulých tří desetiletí výrobu potravin po celém světě. Odhaduje se, že celosvětová produkce kukuřice je o 3,8 % nižší, než by byla, pokud by se na Zemi neoteplovalo, ačkoli se to dosud nedotklo Spojených států, které vyrábějí okolo 40 % globální produkce sóji a kukuřice, protože zde se v oblastech, kde se tyto plodiny pěstují, v létě tolik neoteplilo. Navzdory hnojivému účinku zvýšené hladiny oxidu uhličitého v ovzduší poklesla celosvětová výroba pšenice o 2,5 %. Díky vzpruze v podobě CO_2 jsou však výnosy rýže vyšší o 2,9 % a sójových bobů o 1,3 %. Celkově se odhaduje, že změny vyvolané oteplujícím se podnebím postrčily ceny potravních komodit po celém světě o asi 6,4 %[21].

Konvenční (negenetické) technologie

Pozornost médií se v minulých desetiletích do značné míry soustředila na to, jak se naše potraviny vyrábějí, a to v neposlední řadě kvůli podezření, že s výrobou neprůhledným způsobem manipulují mezinárodní společnosti obchodující se semeny a potravinami a to prostřednictvím svého vlivu a fúzí. Až dosud se negenetické technologie používaly k boji se škůdci a chorobami, což je zásadní, jelikož celkové ztráty způsobené škůdci mohou dosáhnout až 50 % (15 % hmyz, 13 % patogeny, 14 % plevel a 10 % ztráty po sklizni). Dochází také k nárůstu nově se vyskytujících infekčních chorob, co se týče jejich incidence, zeměpisného či hostitelského rozšíření a virulence, přičemž až 6 % celkového počtu poplachů je každý rok vyvoláno plísněmi napadajícími rostliny[22].

Konvenční technologie se využívaly k zajištění ochrany úrody kukuřice a čiroku, což jsou klíčové základní potraviny a výdělečné plodiny pro miliony lidí v subsaharské Africe (SSA). Jejich výroba je i nadále silně omezena hmyzem vyžírajícím stonky, parasitickým plevelem striga a slabou úrodností půdy. Striga (čeleď zárazovité) postihuje v Africe 40 % obdělavaphysiology of the crop can be radically advanced. Conventional plant breeding can no longer sustain the global demand arising from the increasing population because of the decline in agricultural resources such as land and water, and the apparent plateauing of the yield curve of staple crops (Fig 2). Thus, new crop improvement technologies should be developed and utilized.

Second, modelling work suggests climate change has suppressed food production around the world during the past three decades. Global maize production is estimated to be 3.8% lower than it would have been if Earth were not warming, though the United States which produces about 40% of the world's soya and maize, has so far been unaffected because its crop-growing regions have not warmed much in summer. Despite the fertilizing effect of increased carbon dioxide in the atmosphere, global wheat production has dropped by 2.5%. However, thanks to the CO_2 boost, yields of rice are up by 2.9% and soya beans by 1.3%. Overall, it is estimated that the changes brought about by the warming climate have bumped up food commodity prices worldwide by about 6.4% [21].

Conventional (non-GM) technologies

Much media attention has focused on how our food is produced over recent decades not least because of the suspicion that production is being manipulated in a non-transparent manner by the power and merger of international seed and food companies. Hitherto, non-GM technologies have been used to address pest and disease control which is essential as the overall loss from pests can be as high as 50% (15% due to insects, 13% pathogens, 14% weeds and 10% post-harvest losses). Emerging infectious diseases are also increasing in incidence, geographic or host range and virulence, with up to 6% of total alerts each year coming from plant-infecting fungi[22].

Conventional technologies have been used to provide crop protection for maize and sorghum which are essential staple and cash crops for millions of people in sub-Saharan Africa (SSA). Their production remains severely constrained by stem borers, parasitic striga weed, and poor soil fertility. *Striga* (witchweed) affects 40% of Africa's arable savanna region, resulting in up to $13 billion lost every year. The infestation is so bad in parts of Africa, some farmers have to relocate every few years. The majority of telných oblastí savan, což má každoročně za následek ztráty až 13 miliard dolarů. V jistých částech Afriky je zaplevelení tak silné, že někteří farmáři se musejí každých pár let stěhovat. Většinu těchto plodin pěstují farmáři samozásobitelé, kteří si nemohou dovolit nákladné prostředky na boj se strigou a kteří tudíž kvůli tomuto patogenu velice strádají. Pro kukuřici byl však úspěšně vyvinut negenetický postup, který využívá technologii nazvanou *StrigAway*[23]. Kukuřičná semena jsou opatřena vrstvou s nízkou dávkou systémového herbicidu imazapyru. Když semeno vyklíčí, vstřebá trochu herbicidu a povzbudí ke klíčení i *strigu*, která se naváže na kořínky kukuřice a je zahubena dřív, než může způsobit škodu. Herbicid, který rostlinou kukuřice vstřebán není, se rozptýlí do půdy a zahubí semena *strigy*, která nevzklíčila.

Další slibnou technologií, která je úsporná a vychází z vybraných místně dostupných rostlin místo z drahých vnějších vstupů, jsou tzv. push-pull meziplodiny, které v Africe dobře zapadají do tradičních systémů smíšeného výsevu[24]. Jde o novátorskou sestavu plodin vyvinutou za účelem integrovaného managementu půdy, škůdců a plevele ve farmářských systémech založených na cereáliích. Přírodní chemické látky z traviny dochan červený (*Pennisetum purpureum*) vyseté vedle kukuřice přitahují můry, které zde kladou vajíčka, zatímco přírodní chemické látky z luštěniny *stužkovec*, jež je seta mezi řádky jako meziplodina, můry odpuzuje. K dnešnímu dni si tento postup osvojilo více než 50 000 drobných rolníků z východní Afriky, kde se výnosy kukuřice zvýšily z asi 1 t/ha na 3,5 t/ha, čehož bylo dosaženo s minimálními vstupy. Dříve měla většina drobných zemědělců potíže sklidit dost na to, aby nasytili své rodiny, ale nyní mohou přebytky prodávat na trhu. Pěstování doprovodných plodin také dobře vyhovuje čiroku a rýži, která je mimořádně náchylná na napadení strigou. Obtíže ale přetrvávají. Zavedení doprovodných rostlin vyžaduje zpočátku těžkou práci. Než mohou farmáři zasít své plodiny, musí se jim uchytit dochan a záchytné traviny. I zajištění dostatku semen dochanu může být problém, ačkoli několik farmářů zjistilo, jak lze dochan množit vegetativně.

Konvenční šlechtění rostlin má dosud klíčový význam (okénko 1). K vývoji nových odrůd plodin se používalo stovky let, má ale svá omezení. První obilný hybrid vznikl roku 1799; hybrid mezi pšenicí a žitem byl vytvořen roku 1876 (nyní jde o nejdůležitější obilnou odrůdu na světě); mutageneze využívající rentgenové záření přinesla roku 1927 nejoblíbenější these crops are grown by subsistence farmers who cannot afford expensive witchweed controls, and who therefore suffer much as a result of this pathogen. A non-GM approach has been successfully developed which uses *StrigAway* maize technology[23]. Maize seed is coated with low-dose imazapyr, a systemic herbicide. As the seed germinates it absorbs some of the herbicide, stimulates *Striga* to germinate which attaches to the maize root and is killed before it can cause damage. Herbicide that is not absorbed by the maize plant diffuses into the soil and kills *Striga* seeds that have not germinated.

Another promising technology that is economical and based on locally available selected plants rather than on expensive external inputs is push-pull intercropping which fits well with traditional mixed cropping systems in Africa[24]. This is a novel cropping system developed for integrated soil, pest and weed management in cereal-based farming systems. Natural chemicals from Napier grass planted adjacent to maize pull in moths to lay eggs, while natural chemicals from the silverleaf legume, *Desmodium,* which is planted between rows as an intercrop, repels moths. To date the technique has been adopted by over 50,000 smallholder farmers in East Africa where maize yields have increased from about 1 t/ha to 3.5 t/ha, achieved with minimal inputs. Most smallholders had struggled before to harvest enough to feed their families but now can sell the surplus in the market. Companion cropping also fits well with sorghum and rice which is extremely susceptible to *Striga*. Difficulties remain; setting up companion cropping requires hard work at the beginning. Farmers have to establish desmodium and trap grasses before they can plant their crop. Sourcing enough desmodium seeds can be a problem too, although several farmers have established how to propagate desmodium vegetatively.

Conventional plant breeding is still crucially important (Box 1). It has been used to develop new varieties of crops for hundreds of years but it has limitations. The first cereal hybrid was formed in 1799; the hybrid between wheat and rye was produced in 1876 (now the world's principal cereal variety); mutagenesis using X-rays in 1927 yielded the UK's favourite variety for brewing – a few of the highlights which have had a tremendous impact on agricultural productivity over the last decades. The limitation of conventional plant breeding means that breeding can only be done between two plants that can sexually mate with each other. This limits the new traits britskou pivovarnou odrůdu – toto je jen pár z nejpozoruhodnějších událostí, které měly v minulých desetiletích ohromný dopad na produktivitu zemědělství. Mezi omezení konvenčního šlechtění rostlin patří i to, že je lze použít pouze mezi dvěma rostlinami, které se mohou vzájemně pohlavně křížit. To omezuje nové vlastnosti, jež lze přidat k těm, které u daného druhu již existují. Když se rostliny zkříží, potom spolu s vlastností, jež je předmětem našeho zájmu, se přenášejí i mnohé další vlastnosti včetně těch, které mají nežádoucí účinky na potenciální výnosnost. Atraktivní je také molekulární šlechtění na základě selekce pomocí markerů (MAS), jeho záběr je ale též omezen. Funguje pouze u vlastností, které jsou u dané plodiny již přítomny, a nelze jej účinně použít u plodin, které se množí vegetativně, protože jsou neplodné nebo se jejich potomstvo nepodobá svým rodičům (jamy, banány, plantainy, batáty a maniok).

Okénko 1: Srovnávací souhrn charakteristik postupů při šlechtění rostlin

Konvenční šlechtění znamená náhodné a neřízené změny v důsledku křížení či mutageneze a selekce, bez posuzování rizik.

Geneticky pozměněné plodiny s novými vlastnostmi jsou spojeny s:

> genetickým inženýrstvím (GE) – obnáší specifické neřízené změny genomu začleněním cisgenické DNA (tentýž genofond), selekce, vysoká úroveň regulace a posuzování rizik.
>
> novými postupy šlechtění rostlin (NPBT) – obnášejí specifické řízené změny genomu zahrnující či nezahrnující začlenění DNA nebo mutagenezi na určeném místě a selekci, regulační požadavky (procházejí revizí).

Z posedlosti médií GM plodinami jakoby plynulo, že jsou jedinou nadějí na zajištění potravin. Z dosavadních zjištění plyne, že pravděpodobně nebude nalezen žádný všelék, který by zvýšil výnosy, zajistil adaptaci na měnící se podnebí a zvýšil výživovou hodnotu plodin. Vyspělé šlechtění rostlin bude pouze jednou ze složek celého spektra technologií, které zde budou klíčové. Myšlenka stojící za GM plodinami spočívá ve vyprojektováthat can be added to those that already exist in that species. Also, when plants are crossed, many traits are transferred along with the trait of interest including traits with undesirable effects on yield potential. Molecular breeding through marker assisted selection (MAS) has become attractive but it is also limited in scope. It only works for traits already present in a crop, and it cannot be used effectively with crops which are vegetatively propagated because they are sterile, or their offspring do not resemble the parents (yams, bananas, plantain, sweet potato, and cassava).

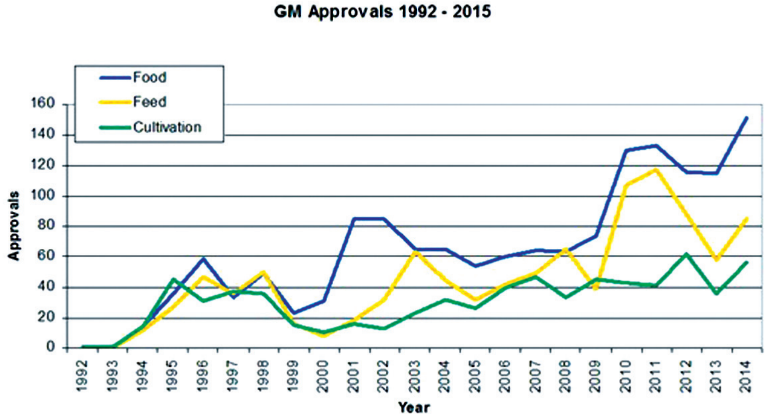
Box 1 Summary of comparative features of plant breeding technologies

Conventional breeding involves random and undirected alterations through crossing or mutagenesis, selection, no risk assessment.

Genetically altered crops with new traits involves:

> Genetic engineering (GE) - specific undirected genome alterations by integration of cisgenic (same gene pool) DNA, selection, high level regulation and risk assessment.
>
> New plant breeding techniques (NPBT) - specific directed genome alterations with or without DNA integration or site-directed mutagenesis, selection, regulatory requirements (under review).

The preoccupation of the media with GM crops implies that they are the only prospect for addressing food insecurity. The evidence so far is that no silver bullet is likely to be found for yield increases, adaptation to climate change and improved nutritional quality. Advanced plant breeding will be only a part of a range of technologies that will be essential. The idea behind GM crops is the engineering of seed so that the plant counters new pest and disease outbreaks, has increased drought tolerance, improved water use efficiency, and increased nutrient uptake and nutritive value. These are all crucial and legitimate targets for genetic engineers who seek to address how to feed a growing global population. Examples of current research trends are seen in the global approval for different types of crops for food, feed and cultivation (Figure 3).



Obr. 3. Globální trendy schvalovaných biotechnologických plodin, 1992–2015[25].

ní takových semen, aby se dané rostliny bránily propuknutí nákaz a napadení škůdci, aby lépe snášely sucho, aby účinněji využívaly vodu, aby vstřebávaly více živin a měly vyšší nutriční hodnotu. To vše jsou stěžejní a opodstatněné cíle genetických inženýrů, kteří se snaží vyřešit problém, jak nasytit rostoucí globální populaci. Příklady globálních trendů současného výzkumu se odrážejí ve schvalovaných druzích plodin používaných jako potraviny či krmivo a pro účely dalšího pěstování (obrázek 3).

Úspěchy genetického inženýrství

Genetické inženýrství se využívá po staletí. Genofond se měnil šikovným výběrem nejlépe vypadajících rostlin, které bylo možné použít jako potraviny. Jistý druh kvasnic, který Babylóňané před asi 5000 lety přidali k zrní, pomohl spustit první biotechnologii – výrobu piva. Díky moderní podobě genetického inženýrství systematičtěji rozumíme regulačním mechanizmům světa, které jsou komplexní a jemně vyvážené. Organizmus je možné upravit tak, aby dosáhl jisté míry pozměněných charakteristik (*manipulo*), nebo lze rostlinu vybavit nějakou novou vlastností, dosud v přírodě nevídanou (*creatio ex existendo)*. Tento nový výtvor lze také chápat jako přeměnu stávajícího výtvoru (*creatio ex vetere*).

Výsledkem tohoto výzkumu a vývoje byl vznik GM plodin s hmatatelnými výhodami. Metaanalýza 147 studií ukázala, že GM technologie

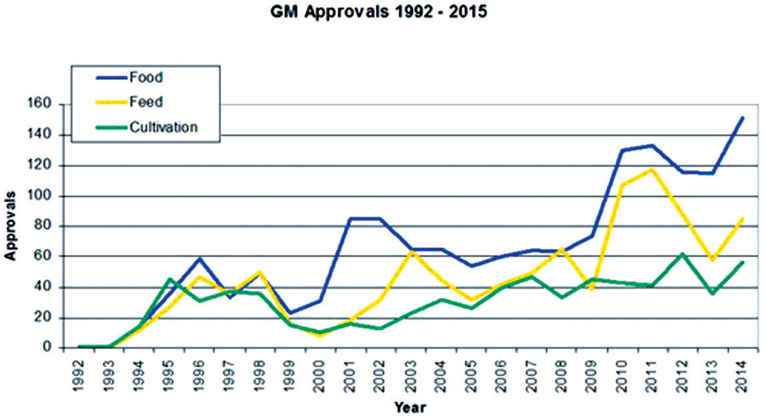
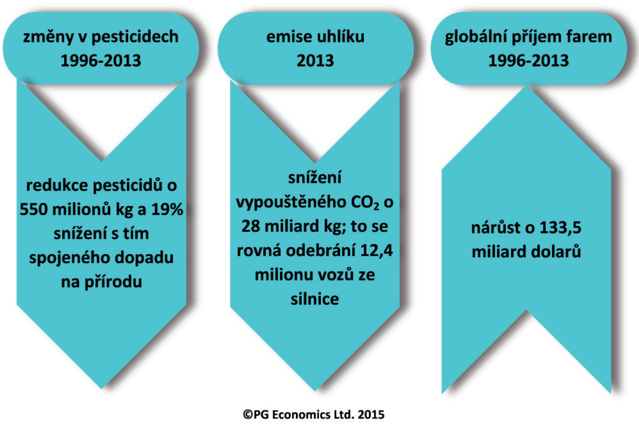


Fig. 3. Trends in Global Approvals of Biotech Crops, 1992–2015[25]

Successes of genetic engineering.
Genetic engineering has been used for centuries. Gene pools were changed by skilful selection of the best looking plants that could be used for food. A variety of yeast added to grain about 5000 years ago by the Babylonians helped biotechnology to get started with beer production. With modern forms of genetic engineering we understand in a more systematic way the controls of a world whose mechanisms are complex and delicately balanced. An organism may be modified to have a certain quantity of altered characteristics (*manipulo*), or a plant may be equipped with a new quality never previously seen in nature (c*reatio ex existendo).* This new creation can also be seen as a transformation of the present creation (*creatio ex vetere*).

The outcome of this research and development has been to produce GM crops with tangible benefits. A meta-analysis of 147 studies showed that GM technology in the main crops soybean, maize and cotton increased crop yields by 22%, reduced chemical pesticide use by 37%,and increased farmer profits by 68%[26]. Figure 4 shows the key findings of another study.

Adoption of GM crops reduced pesticide spraying by 474 million kg (-8.8%) and decreased the environmental impact associated with herbicide and insecticide use on these crops by 18.3%. The release of greenhouse gas



Obr. 4. Ekonomický a ekologický dopad GM plodin[27].

u hlavních plodin – sójových bobů, kukuřice a bavlny – zvýšila výnosy sklizně o 22 %, omezila používání chemických pesticidů o 37 % a zvedla zisk farmářů o 68 %[26]. Obrázek 4 uvádí klíčová zjištění další studie.

Zavedení GM plodin omezilo rozprašování pesticidů o 474 milionu kg (-8,8 %) a snížilo ekologický dopad spojený s používáním herbicidů a insekticidů u těchto plodin o 18,3 %. Vypouštěný objem skleníkových plynů se snížil v důsledku poklesu spotřeby paliva díky výrobním systémům „bez orby“, které vedly k uložení dalšího uhlíku v půdě. Došlo k úspoře 23 miliard kg oxidu uhličitého, který se neuvolnil do ovzduší, což odpovídá odstavení 10,2 milionu aut ze silnic po dobu jednoho roku (to se rovná 41 % aut registrovaných ve Velké Británii). Na úrovni farem zde byl velmi významný čistý globální ekonomický přínos v podobě nárůstu zisku o 98,2 miliardy dolarů za období sedmnácti let 1996–2012. Tento ekonomický zisk připadal rovným dílem na farmáře z rozvinutých i rozvojových zemí[27].

Ve světle těchto mnoha předností GM plodin není překvapivé, že proces jejich zavádění coby zemědělské inovace byl jeden z nejrychlejších v dějinách a zemím, které tyto plodiny přijaly mezi prvními – například USA, Brazílii a Argentině – přinesl konkrétní výhody. Počet zemí z celého světa, které GM plodiny již přijaly, se zečtyřnásobil z 6 v roce 1996 na 28 roku 2014. Osmnáct milionů zemědělců (90 % chudých malorolníků) vypěstovalo 181 milionů hektarů GM plodin ve 28 různých zemích a rozvojové země jich nyní celosvětově pěstují víc než průmyslové země (obrázek 5).

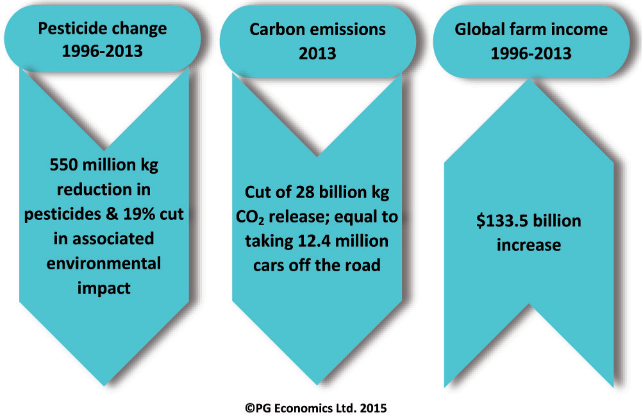
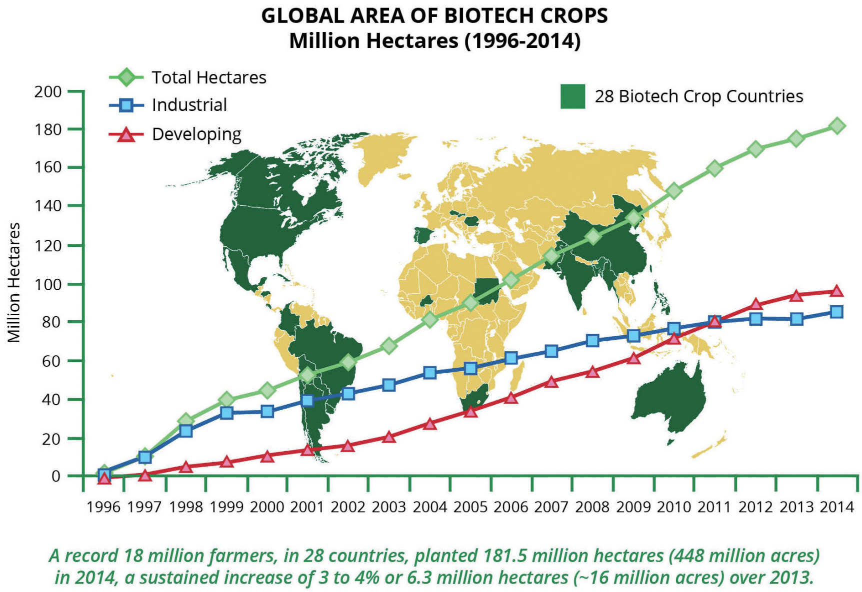


Fig. 4. Economic and environmental impact of GM crops[27]

emissions was reduced through a decline in fuel use with 'no tillage' production systems that led to more carbon stored in the soil. There was a saving of 23 billion kg of carbon dioxide no longer being released into the atmosphere, which is equivalent to removing 10.2 million cars from the roads for a year (equal to 41% of registered cars in the UK). There have been very significant net global economic benefits at the farm level amounting to $98.2 billion increase for the seventeen year period 1996–2012. These economic gains have been divided equally between farmers in developed and developing countries[27].

In view of these many benefits, it is not surprising that the uptake of GM crops as an agricultural innovation has been one of the fastest in history bringing particular advantages to the early adopters such as the USA, Brazil and Argentina. Adoption figures worldwide have quadrupled from 6 countries in 1996 to 28 in 2014; 18 million farmers (90% small and poor) grew 181 million hectares in 28 different countries; and developing countries now grow more GM crops globally than industrial countries (Figure 5). These examples confirm that GM crops can help to increase food production and provide a major boost to farmer income and to the economic value of the four major crops – soybeans, corn, cotton and canola – with significantly reduced environmental impacts[28].

Closure of the 'yield gap' mentioned earlier has to be one of the major opportunities for improving food security since the gap can be as great as



Obr. 5. Nárůst pěstování GM plodin ve světě (miliony hektarů, 1996-2014)[28].

Tyto příklady potvrzují, že GM plodiny mohou pomoci zvýšit výrobu potravin a významně pozvednout příjem farmářů a ekonomickou hodnotu čtyř hlavních plodin – sójových bobů, kukuřice, bavlny a kanoly – za současného podstatného snížení ekologických dopadů[28].

Překlenutí „výnosové propasti" zmíněné výše se musí stát jednou z velkých příležitostí pro lepší zajištění potravin, jelikož tato propast může v některých zemích Afriky, Asie a Jižní Ameriky dosahovat hodnot až 50–60 %[29]. Výnosová propast znamená potenciálně možnou výrobu mínus výrobu v praxi (obrázek 6) a může vzniknout urychleným vyšlechtěním zdokonalených odrůd, lepšími agronomickými postupy a vnějšími vstupy. To vše se stalo realitou buď na základě nových vědomostí o rostlinném genomu, objevením a naklonováním klíčových genů, používáním genových markerů pro podporu selekce nebo transferem genů. V tomto ohledu pěstitelé rostlin lépe porozuměli genetice výnosů sklizně a umějí dokonaleji manipulovat se složitými vlastnostmi plodin.

Biotechnologické postupy první generace sestávaly z netransgenních procedur (biochemické a genomické testování, selekce za pomoci markerů)

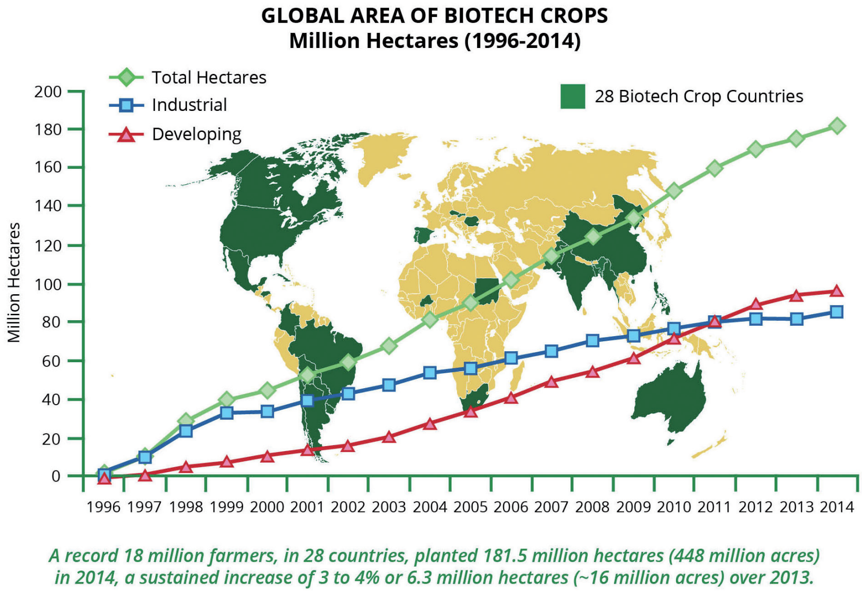
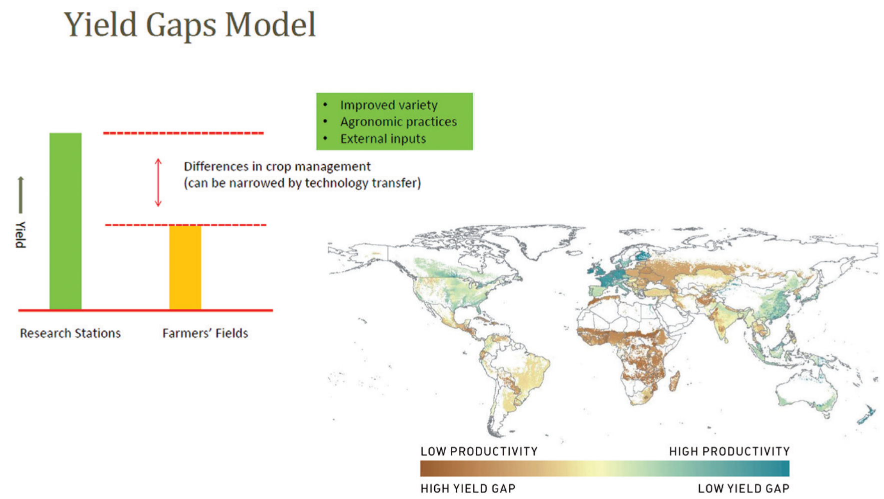


Fig. 5. Growth of GM crops worldwide (million hectares, 1996-2014)[28].

50–60% in countries in Africa, Asia and South America[29]. The yield gap refers to the potential production minus field production (Figure 6) and this can be achieved through accelerated breeding of improved varieties, better agronomic practices and external inputs, all of which have become realities either through new knowledge of plant genomes, the discovery and cloning of key genes, the use of marker genes to aid selection, or gene transfer. In these respects plant breeders have improved their understanding of the genetics of crop yield and the capacity to manipulate complex characters.

The first-generation biotechnological techniques consisted of non-transgenic (biochemical and genomic screening, marker-assisted selection) and transgenic procedures (genetic modification by exogenous DNA sequences) which successfully modified a few simple input traits in a small number of commercial commodity crops leading to a reduction of chemical usage to control destructive pests and diseases. GM cotton as a cash crop has had qualified success and increased overall the incomes of farmers and processor. Where lessons have been learned, plant biotechnology pro-



Obr. 6. Výnosová propast ve světě a navrhované způsoby, jak ji překlenout[29].

a transgenních procedur (genetická modifikace na základě exogenních sekvencí DNA), jež úspěšně modifikovaly pár jednoduchých vstupních vlastností malého počtu komerčně obchodovaných plodin, což vedlo ke snížení spotřeby chemikálií bránících úrodu před ničivými škůdci a chorobami. GM bavlna jakožto tržní plodina dosáhla omezeného úspěchu a zvýšila úhrnný příjem farmářů a zpracovatelů. Tam, kde se poučili, postoupily programy biotechnologie rostlin od svého vzniku výrazně kupředu a díky významným investicím pokračují dál[30].

Záhy se objevily GM technologie druhé a třetí generace s cílem zvýšit užitek pro spotřebitele zlepšením dostupnosti potravin a vyšší nutriční kvalitou. Tyto nové technologie šlechtění (NBT[31]) umožňují přenos genů z téhož nebo příbuzných druhů (cisgeneze) místo jiných zdrojů (transgeneze) (obrázek 7). Vložit je možné kódující sekvenci genu téhož druhu. Cílených mutací lze dosáhnout použitím nukleázy zinkového prstu nebo efektorové nukleázy podobné transkripčnímu aktivátoru (TALEN). Editace genu umlčením genů metylací DNA vyvolanou RNA, naroubováním geneticky nemodifikovaného štěpu na GM podnož a dalších genových technik využívajících enzymový komplex CRISPR/Cas (Clustered Regularly Interspersed Short Palindromic Repeats) to vše jsou součásti stále se rozšiřující sady genetických nástrojů, jejímž cílem je měnit genom přesněji, konkrétněji a spolehlivěji (okénko 2).

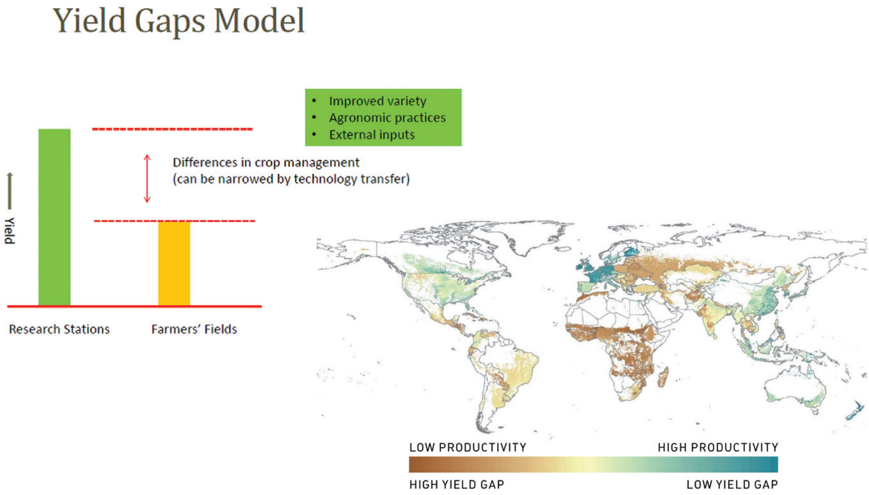
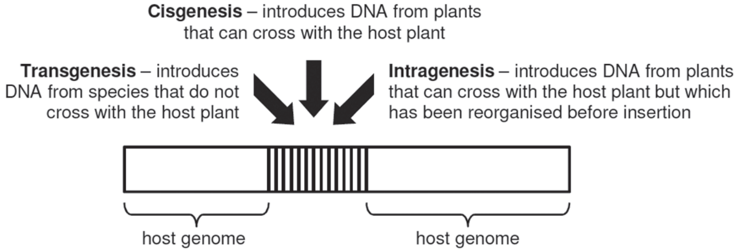


Fig. 6. The yield gap globally and proposed ways to reduce it [29]

grammes sustained by substantial investments show significant progress since the early days[30].

Second/third-generation GM technologies have emerged rapidly with the aim to enhance greater consumer benefit through increased food availability and improved nutritional quality. These new breeding technologies (NBT[31]) allow genes to be transferred from the same or related species (cisgenesis) instead of different sources (transgenesis) (Figure 7). The coding region of a gene from the same species can be inserted. Targeted mutations can be achieved using zinc-finger nuclease or Transcription Activator-Like Effector Nuclease (TALEN). Gene editing by gene silencing using RNA-induced DNA methylation, the grafting of a non-GM scion onto a GM rootstock, and other gene techniques using Clustered Regularly Interspersed Short Palindromic Repeats (CRISPR/Cas) are all part of an ever-expanding genetic toolbox that aims to change genomes in more precise, specific and reliable ways (Box 2).

Of increasing importance is the application of plant breeding techniques to overcome deficiencies in dietary micronutrients by producing consumer benefits through the production of nutrient-dense food fortified with iron, zinc and vitamin A ('biofortification'[32]). The process has already been developed in rice, cassava, maize, and sweet potato (provitamin A) and beans, pearl millet, rice and wheat (iron and zinc).



Obr. 7. Schematický diagram tří různých forem genetické transformace (transgeneze, cisgeneze a intrageneze)[33].

Roste význam využití postupů šlechtění rostlin k překonání nedostatku dietárních mikronutrientů a dosažení dalších výhod pro spotřebitele výrobou potravin bohatých na živiny a posílených o železo, zinek a vitamín A („biofortifikace“[32]). Tento postup byl již vyvinut pro rýži, maniok, kukuřici a sladké brambory (provitamín A) a fazole, dochan klasnatý, rýži a pšenici (železo a zinek).

Nejznámějším příkladem tohoto originálního transgenního přístupu k biofortifikaci je „zlatá rýže“ posílená o provitamín A. Po neuvěřitelně dlouhé době schvalování, kterou protáhly destruktivní úmysly aktivistů vystupujících proti GM, mezi něž patřilo i ničení pokusných plodin na Filipínách, se očekává, že zlatá rýže bude na Filipínách k dispozici během následujících dvou let[34]. Mezi organizace věnující se kladům zvýšení nutriční kvality potravin ku prospěchu lidstva patří konsorcium HarvestPlus a Partnerství pro vitamín A pro Afriku (VITAA). Portfolio v odvětví sójových bobů zahrnuje také mnohé další budoucí nové vlastnosti, které jsou potenciálně přínosné pro lidské zdraví, včetně přítomnosti kyseliny omega-3 stearidonové (kardiovaskulární choroby) a nízkého obsahu rafinózového škrobu (cukrovka).

Povzbuzující signály se objevují v afrických zemích, kde je největší potřeba i možnosti pěstování GM plodin[35] (okénko 3). Jejich výzkumu, vývoji a komerční výrobě se aktivně věnují ve třech afrických zemích, omezenému testování v terénu v 7 zemích, uzavřenému výzkumu v přinejmenším 14 a rozvoji příslušných kapacit v nejméně 27 zemích. Typickým příkladem je fazolka čínská, nativní africká plodina, jíž se daří při obdělávání oblastí s nízkými srážkami, přičemž 74 % světové produkce pochází z Afriky, zvláště z Nigérie a Nigeru. Pěstují ji miliony zemědělců, ženy i muži, a kon-

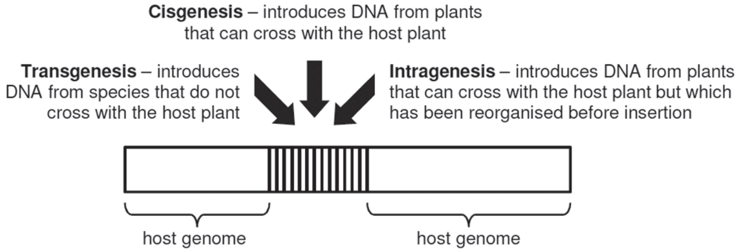


Fig. 7. Schematic diagram of the three different forms of genetic transformation (transgenesis, cisgenesis and intragenesis) [33]

The best known example of this original transgenic approach towards biofortification is 'Golden Rice' fortified with provitamin A. After an incredibly protracted period in the regulatory process which has been prolonged by the destructive intentions of anti-GM activists which included the destruction of experimental crops in the Philippines, Golden Rice is expected to be available in the Philippines within the next two years[34]. Organisations committed to the positive advantages of enhancing the nutritional quality of food for the benefit of humankind include the HarvestPlus consortium and the Vitamin A partnership for Africa (VITAA). The portfolio of the soybean industry also includes many other future novel traits with potential benefits for human health including omega-3 stearidonic acid (for cardiovascular disease) and low Raff-starch (for diabetes).

Encouraging signs are emerging in African countries where the need and opportunities are greatest[35] (Box 3). GM crop research, development and commercial production is being actively pursued in three African countries, confined field testing in 7, contained research in at least 14 and a developing capacity in at least 27. Cowpea is a case in point, a native crop of Africa which thrives in low rainfall agriculture with 74% of world production in Africa, especially Nigeria and Niger. Millions of farmers grow it, women as well as men, and it is consumed by about 200 million Africans. The aim of ongoing research is to provide high yielding cowpea varieties which have an increased resistance to insect pests. The expectation is that cowpea lines with resistance to *Maruca vitrata* will contribute significantly to increased production and incomes, improved nutrition, enhanced soil zumuje ji okolo 200 milionů Afričanů. Cílem pokračujícího výzkumu je zajistit odrůdy fazolky s vysokými výnosy, které by měly zvýšenou odolnost proti hmyzím škůdcům. Očekává se, že linie fazolky odolné vůči můře *Maruca vitrata* výrazně přispějí k nárůstu výroby a příjmů, ke zlepšení výživy, posílení úrodnosti půdy, vyšší kvalitě uskladnění a zlepšení zdraví lidí i stavu přírody kvůli poklesu používání pesticidů[36].

Další důkazy toho, že GM plodiny by mohly pomoci nasytit země v rozvojovém světě, nacházíme v tom, co se rozbíhá v Africe[37, 38, 39]. Například portfolio Africké nadace pro zemědělské technologie (AATF) se skládá z transgenních plodin včetně kukuřice odolné proti suchu a hmyzu (WEMA), fazolky čínské odolné vůči hmyzu (PBR), rýže s účinnějším využíváním vody a schopností snášet sůl (NEWEST) a banánu odolného vůči bakteriím *Xanthomonas* vyvolávajícím vadnutí banánovníků (BXW). Celkově se odhaduje, že existuje asi 20 aplikací transgenních rostlin s vlastnostmi, které by zajistily odolnost vůči suchu, slanosti, houbám a virům i zvýšenou nutriční hodnotu, přičemž je tu perspektiva, že s rozvojem nových šlechtitelských technologií přijdou další výhody[31].

Okénko 2: Nové postupy při šlechtění rostlin[31].

Metoda zinkových prstů (řízené štěpení a manipulace s DNA, místně řízená nukleáza)

Oligonukleotidem řízená mutageneze (přesně řízené bodové mutace, ODM)

Cisgeneze/intrageneze (geny případně komplementární DNA sexuálně kompatibilních druhů)

Metylace DNA podmíněná RNA (miRNA, RNA interference a vlásenková RNA pro DNA metylaci)

Roubování (roubování na GMP podnož)

Zpětné šlechtění (oddělení rodičovských genotypů potlačením meiózy)

Agroinfiltrace (přechodná exprese transformováním pomocí bakterie *Agrobacterium*)

Syntetická genomika (biologie; transplantace genů a genomů syntetizovaných *in vitro*) fertility, better storage qualities, and improved human and environmental health through decreased pesticide use[36].

Further evidence that GM crops could help to feed countries in the developing world is found in the content of the African pipeline[37, 38, 39]. For example, the African Agricultural Technology Foundation (AATF) portfolio consists of transgenic crops including maize with drought and insect resistance (WEMA), cowpea with insect resistance (PBR), rice with water-use efficient and salt tolerance (NEWEST), and banana with resistance to banana Xanthomonas wilt bacteria (BXW). Altogether it is estimated that there are some 20 applications for transgenic plants with traits that would provide resistance to drought, salinity, fungi and viruses, as well as enhanced nutritive value, with the promise of more to come with the advances in the new breeding technologies[31].

Box 2 New Plant Breeding Technique[31]

Zinc Finger Nuclease (ZFN) Technology (directed cleavage and manipulation of DNA, SDN)

Oligonucleotide Directed Mutagenesis (precisely directed point mutations, ODM)

Cisgenesis/Intragenesis (genes/cDNAs of sexual compatible species)

RNA-dependent DNA methylation (miRNA, RNAi and hairpin RNA for DNA methylation)

Grafting (grafting on a GMP rootstock)

Reverse Breeding (isolate parental genotypes by suppression of meiosis)

Agro-Infiltration (transient expression by Agrobacterium transformation)

Synthetic Genomics (Biology) (transplantation of in vitro synthesized genes and genomes)

Net economic benefits have been demonstrated in several cases but the results can be variable depending on crop, trait, location and producer.

V několika případech byl prokázán čistý ekonomický přínos, výsledky se ale mohou měnit podle plodiny, vlastností, místa a výrobce. Jde o připomínku toho, že věda není jednoduchá a že s ohledem na znepokojivý dopad celosvětových změn podnebí v afrických zemích se nám nedostává času. Jelikož tyto moderní osevní materiály mohou potenciálně zvýšit výnosy a snížit mzdové náklady, přinášejí naději, že nám pomohou překlenout výnosovou propast v africkém zemědělství a zajistí větší ekonomickou nezávislost a sociální rozvoj zemědělcům chyceným jinak do pasti samozásobitelského hospodaření. Abychom však z výhod těchto nových technologií mohli těžit, bude třeba minimalizovat náklady na regulaci[38].

Okénko 3: Nejdůležitější fakta o GM plodinách v Africe v letech 2014-15[39].

Ghana: Zřízen Státní úřad pro biologickou bezpečnost; posun v otázce fazolky čínské, rýže, bavlny.

Nigérie: Podepsán zákon o biologické bezpečnosti, jmenován ředitel Státní správy pro biologickou bezpečnost.

Keňa: Podána žádost o umožnění distribuce kukuřice WEMA; posun v otázce zrušení zákazu.

Uganda: Posun v otázce zákona o biologické bezpečnosti; rozšíření portfolia uzavřených testů.

Tanzanie: Reformy předpisů o biologické bezpečnosti; pokrok v otázce uzavřených testů kukuřice WEMA.

Malawi: Schváleny uzavřené testy fazolky čínské; žádost o umožnění distribuce bavlny odrůdy Bollgard.

COMESA: V únoru 2014 byla přijata společná politika v otázce biotechnologií a biologické bezpečnosti; v březnu 2015 schválily zainteresované členské státy plán jejího zavádění.

Dezinformace, hrozba pokroku

Jako u mnoha jiných nových technologií nám historie říká, že lidé dychtí objevit a přijmout jejich výhody, ale mají obavy ohledně příslušných nebez-

They are a reminder that the science is not simple, and that time is in short supply in view of the alarming effects of global climate change in African countries. As these modern planting materials have the potential to increase yields and reduce labour costs, they offer the prospect of helping to close the yield gap in African agriculture, and providing greater economic independence and social development for farmers otherwise locked into subsistence agriculture. The costs of regulation will need to be minimised, however, to gain from the benefits of the new technologies[38].

Box 3. Highlights of GM crops in Africa 2014–15[39]

Ghana: National Biosafety Authority established; progress for cowpea, rice, cotton

Nigeria: Biosafety Act signed & NBMA CEO appointed

Kenya: WEMA/maize general release application submitted; progress on lifting ban

Uganda: Progress on Biosafety Bill; expanding CFT portfolio

Tanzania: Reforms to Biosafety Regulations; progress towards WEMA/maize CFT

Malawi: Cowpea CFT approved; Bollgard cotton general release application

COMESA: Common policy on biotech/biosafety adopted Feb.2014; implementation plan endorsed by member-state stakeholders March 2015

Disinformation, a threat to progress

As with many new technologies, history tells us that people are keen to identify and embrace the benefits but harbour concerns about hazards and risks. Appleyard [40] wrote in the early years of a genocentrism that had become a dominant orthodoxy, genetics being credited with determining everything from sexual orientation to criminal behaviour to religious belief. Genes gave biology a basic unit in the same way as the physicist's atom, he argued. In this way 'the genetic future lies in the ability to explain how pečí a rizik. Bryan Appleyard[40], který psal v prvních letech období genocentrizmu – ten se stal převládajícím ortodoxním názorem a genetice připisoval, že určuje vše od sexuální orientace, přes kriminální chování až po náboženské přesvědčení – tvrdil, že geny dávají biologii základní jednotku stejně jako fyzikův atom. Takto „spočívá genetická budoucnost ve schopnosti vysvětlit, jak fungujeme, jak naše geny určují výšku, vzhled pokožky, barvu očí a náchylnost k nepříjemným chorobám, jako je rakovina prostaty či prsu. Máme-li geny dlouhověkosti, třeba nám pomohou dožít se příštího století, pokud si to budeme opravdu přát.“ Appleyard prohlašoval, že z DNA se asi sotva stala magie, jako je astrologie, ale stala se z ní mocná kulturní ikona[40].

Tuto myšlenku shrnuje následující futuristická historka (lehce upravená), již vyprávěl Baruch Blumberg, nositel Nobelovy ceny a bývalý poradce prezidenta Spojených států. Fiktivní Carl Jenson, který žije v roce 2020, je na pěší dovolené s rodinou. V jednom zahálčivém okamžiku si vybaví, že byl dokončen Projekt lidského genomu. Jenson má výpisy individualizovaných preventivních léků, individualizované výživy a individualizovaného rozpoznávání vzorců chování. Nedávno si koupil personalizovaný čip, v němž nosí veškeré relevantní informace o svém genomu. Po dlouhém dni v horách sedí u ohně u jezera Granite Lake s krabicí trvanlivého mléka geneticky vyprojektovaného tak, aby obsahovalo hodně energie, málo tuku a žádné alergeny. Opéká si krásnou rybu, kterou předtím chytil a která je geneticky vyprojektovaná tak, aby dobře rostla v prostředí s krátkým vegetačním obdobím, ve velké nadmořské výšce a se studeným počasím a aby poskytovala kvalitní proteiny kompatibilní s jeho okamžitými požadavky na výživu. Prohlédne si poslední výpis ze svého čipu a přizná všem, kteří jsou v doslechu: „No, naučil jsem se vyjít s tím, co mám.“

Sociální sítě dnes poskytují prostředek k šíření informací rychlostí světla a bez potřeby potvrzovat jejich pravdivost. Příjemci takových informací musí vyhodnotit, zda to, co čtou, je pravda, či smyšlenka. Může jít o dezinformace, které jsou lživé, nebo o nepřesné informace, které se rozšířily neúmyslně. Může jít o dezinformace, jež jsou úmyslně lživé, nebo o nepřesné informace, které jsou šířeny záměrně. Nevládní organizace Action Aid UK, která pracuje v Ugandě, nedávno použila obrázky krys s nádory jako součást nepravdivé mediální kampaně, aby zabránila legalizaci GM plodin v této zemi[41]. Kampaň byla spuštěna v době, kdy ugandští poslanci we function, how our genes determine height, the complexion of skin, the colour of eyes, and susceptibility to unpleasant diseases such as prostate cancer or breast cancer. If we possess longevity genes perhaps they will help us to live into the next century if that is what we really want'. Appleyard's contended that DNA has hardly become magic, like astrology, but it has become a powerful cultural icon[40].

This idea is summarized in the following futuristic story (slightly adapted) told by Baruch Blumberg, Nobel Laureate and former Advisor to the President of the United States. The fictitious Carl Jenson, living in 2020, is on a walking holiday with his family. In an idle moment he recalls that the Human Genome Project has been completed. He has individualised preventive medicine, individualised nutrition and individualised behaviour recognition read-outs. He has recently bought a personalised chip that carries all his relevant genomic information. After a long day in the mountains, he sits around the campfire at Granite Lake, with his carton of long lasting milk genetically engineered to be high energy, low fat and allergen free. He fries the beautiful fish he caught earlier, genetically engineered to encourage growth in an environment with a short growing season, high altitude, and cold weather, and to provide high quality protein compatible with his immediate nutritive demands. He examines the latest read-out from his chip and admits to all within earshot – 'Well, I've learned to get along with what I have'.

These days, social networking provides a means to spread information at the speed of light and without the need to confirm its veracity. Recipients of such information need to evaluate if what they read is truth or fiction. It may be misinformation which is false, or inaccurate information that is spread unintentionally. It may be disinformation which is intentionally false or inaccurate information that is spread deliberately. Action Aid UK, a non-governmental organisation (NGO) working in Uganda recently used pictures of rats with tumours as part of an untruth media campaign to prevent GM crops being legalised in that country[41]. The campaign was launched at a time when Ugandan parliamentarians were beginning to debate the Biotechnology and Biosafety Bill that would provide a regulatory framework for the release and adoption of GM crops. The evidence used by Action Aid UK derived from the discredited research of Seralini in France which was subsequently retracted[42,43]. Action Aid UK's apologised saying začínali projednávat zákon o biotechnologiích a biologické bezpečnosti, který by dal normativní rámec distribuci a zavedení GM plodin. Důkazy, které organizace Action Aid UK používala, pocházely ze zdiskreditovaného článku Gilles-Érica Séraliniho z Francie, jenž byl následně stažen[42,43]. Action Aid UK se omluvila a uvedla, že manažer její kampaně v Ugandě připustil, že podněcoval farmáře, aby se stavěli proti zavedení geneticky modifikovaných banánů, tím, že naznačoval, že by mohly vyvolávat rakovinu.

Více než 2000 posudků nezávislých vědeckých institucí a akademiků[44,45,46] a dlouhodobých studií na zvířatech[47,48,49] nepřineslo žádné důkazy o riziku pro zdraví lidí. Obvykle se ukazuje, že konsenzuální informace tohoto rozsahu mají dalekosáhlé důsledky vyvažující účinek ideologického pohledu na svět[50], zdá se ale, že pro GM plodiny to neplatí. Uklidnění sporů kolem rizik nijak nezajímá „obchodníky s pochybami", šiřitele mylných informací a dezinformací či romantiky z hnutí za potravinovou nezávislost, kteří propagují oblíbenou představu o „právu lidí zvolit si svůj vlastní potravinový systém", dokonce i kdyby to znamenalo, že uvíznou v útrapách pasti chudoby[51]. Zastáváme-li extrémní názory, může naše předpojatost podemlít naše základní rozumové schopnosti, takže nehledě na to, kolika se nám dostane vysvětlujících informací, bude překážkou, s níž se musíme vypořádat, spíše to, jak pracuje naše mysl, než získání dalších údajů. Kvůli zpolitizovaným úsudkům se může stát, že budeme nepřístupní faktům, které odporují našim předsudkům, takže síla emoce získá navrch nad rozumem[52]. Hluboce zakořeněný odpor německých Zelených vůči GM plodinám z počátku 90. let minulého století přetrvává kvůli tomu, aby genetické experimenty Třetí říše již nikdy nezamořily Říši evropského kontinentu, což je hlas kultury, kterou jen zřídka ocení mimoevropské komentáře ke GM plodinám.

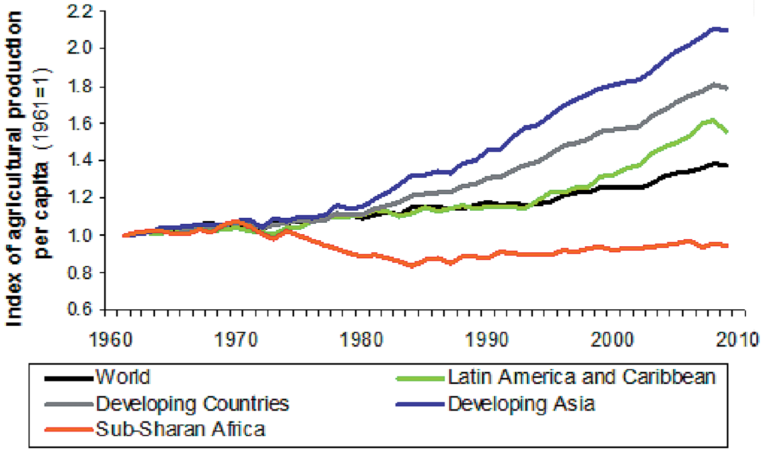
Negativizmus Evropy ovlivňuje Afriku

Evropský negativizmus ohledně zemědělských biotechnologií je interpretován tak, že naznačuje, že na těchto technologiích je cosi, čeho bychom se měli obávat, a tak bychom je měli udržet mimo Afriku[53]. Důvody tohoto negativizmu jsou četné a složité. Uvalení evropského moratoria na dovoz potravin pocházejících z GM plodin ze Severní Ameriky vedlo Calestouse Jumu, keňského rodáka, profesora udržitelného rozvoje z Harvardovy univerzity a dobře informovaného komentátora situace v Evropě k poznámce, that its campaigns manager in Uganda had admitted encouraging farmers to oppose the introduction of genetically modified bananas by suggesting they could cause cancer.

No evidence of human health hazards has emerged from over 2000 reviews by independent academies, academics [44,45,46] and long-term studies in animals [47,48,49] . Consensus-information of this dimension has usually been found to have far-reaching consequences neutralizing the effect of ideological worldviews[50], but this seems not to apply to GM crops. Dissipating conflict over risk is of no concern for the 'merchants of doubt', campaigners in misinfomation and disinformation, or the romanticists of the food sovereignty movement who promote a popular concept of 'the right of people to choose their own food system' even if it means they are held within the vicissitudes of the poverty trap[51]. Where extreme views are held, partisanship can undermine basic reasoning skills, so that however much explicatory information is provided the hurdle to deal with is how our minds work rather than loading more facts. Political judgements can make us impervious to facts that contradict our preconceptions so that the power of emotion over reason gains precedence[52]. The deeply entrenched opposition of German Greens to GM crops in the early 1990s persists on the grounds that never again shall genetic experiments of the Third Reich infest the European continent Reich, a cultural voice rarely appreciated by non-European GM-crop commentators.

Europe's negativity affects Africa

European negativity about agricultural biotechnology has been interpreted as indicating that there is something to fear about the technology, and therefore it should be kept out of Africa[53]. The reasons for this negativity are numerous and complex. Europe's imposition of a moratorium on the importation of GM crops as food from North America led Kenyan-born and Harvard University Distinguished Professor of Sustainable Development, Calestous Juma, a well informed commentator about the European situation, to note that 'African countries became equally cautious and moved very slowly because of seeing what is happening in Europe'. The situation was compounded by Africa's surprising obsequiousness towards its colonial past, an unhelpful reaction when the growth of African agricultural production per capita has been almost stagnant for many years



Obr. 8. Zemědělská výroba na osobu[54].

že „africké země začaly být stejně opatrné a postupovaly velmi pomalu, protože viděly, co se děje v Evropě“. Situaci ztížila překvapivá reakce Afriky, která vychvaluje svou koloniální minulost, což ničemu nepomůže, když zde objem zemědělské výroby na osobu mnoho let téměř stagnoval (obrázek 8) kvůli omezené dostupnosti technologií, investic, dopravy a trhů a nedostatečně zajištěnému vlastnictví půdy[35].

Mezi další faktory patří evropský proces registrace GM plodin, který začal být vleklý a nákladný. Vychází z principu prevence místo posouzení rizik, což je skutečnost, již využívají nátlakové skupiny odpůrců GM potravin k protahování schvalovacího procesu. Princip prevence určuje, že pokud je u nějakého postupu nebo strategie podezření, že by potenciálně mohly ohrozit veřejnost či životní prostředí, potom tíha důkazu, že škodlivé *nejsou*, spočívá na těch, kteří s tímto postupem přišli.

Je to politika a nikoli věda, co i nadále dominuje debatě o GM plodinách. Dovoz GM plodin do evropských zemí je povolen ve formě krmiva pro zvířata (v současnosti se dováží přes 60 kg produktů z geneticky modifikovaných sójových bobů na osobu), zatímco domácí výroba GM plodin určených k jídlu je nepřípustná. Mezi výjimky patří některé linie GM kukuřice, které EU schválila v roce 1997, takže osevní plocha GM kukuřice ve Španělsku dnes činí 79 269 hektarů. V menším rozsahu probíhá pěstování v České republice, Portugalsku a Německu. Tyto linie GM kukuřice chrání

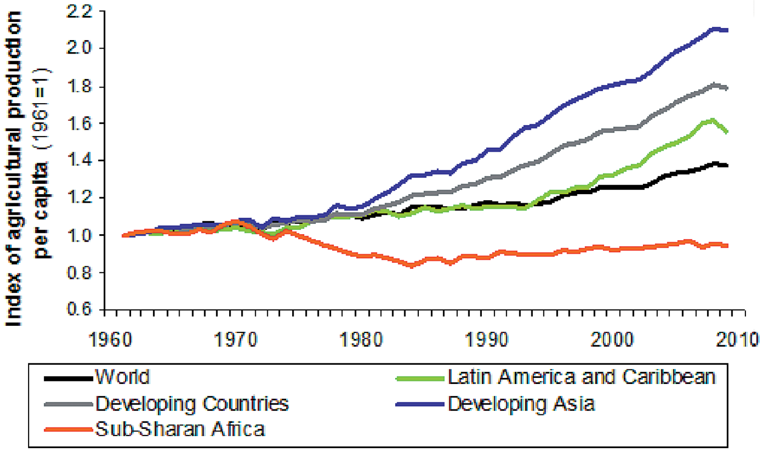


Fig. 8. Agricultural production per capita[54]

(Figure 8) because of limitations in the availability of technology, investment, transportation, markets and security of land rights[35].

Other factors include the European process of registration of GM crops which has become lengthy and expensive. It is based on the precautionary principle rather than risk assessment, a fact that is utilised by the anti-GM lobby to prolong the approval process. The precautionary principle states that if an action or policy has a suspected risk of causing harm to the public or to the environment, the burden of proof that it is *not* harmful falls on those taking the action.

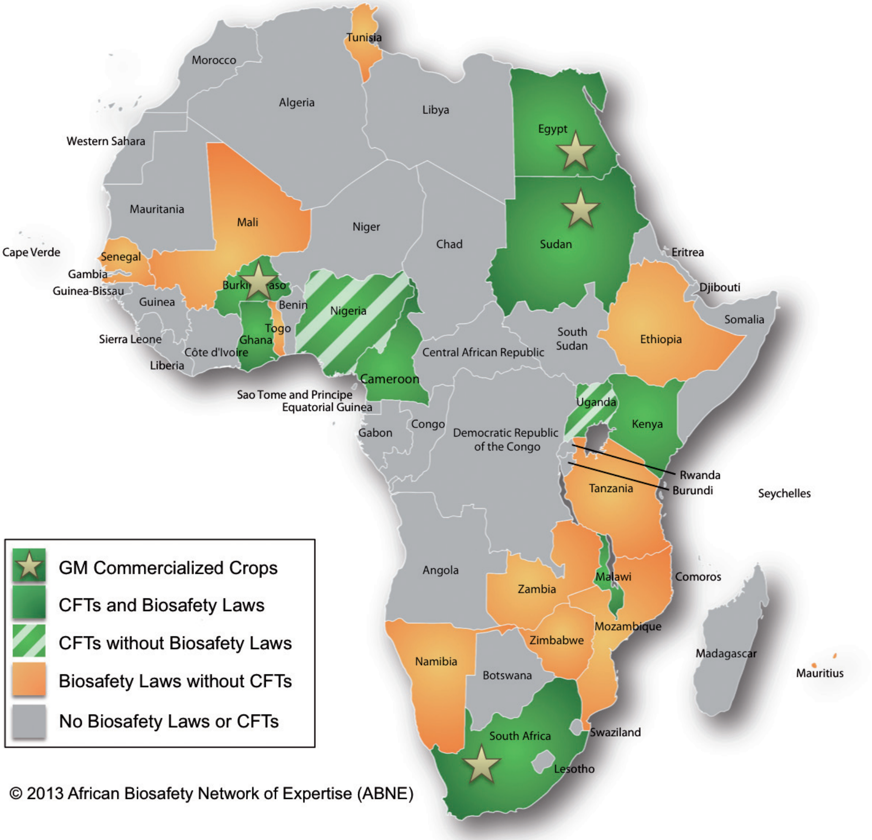
Politics rather than science continues to dominate the debate about GM crops. Importation of GM crops into European countries is permitted as animal feed (currently over 60kg GM-soya bean products per citizen are imported) whereas the internal production of GM crops for human consumption is disallowed. Exceptions include lines of GM maize which were approved in the EU in 1997 so that today's GM maize production in Spain amounts to 79,269 hectares. Production is now taking place to a lesser extent in the Czech Republic, Portugal and Germany. These lines of GM maize provide protection against the European corn borer the larvae of which cause extensive damage to the stalks and cause the plant to collapse. The damage also facilitates the entry of fungal diseases that can lead to the presence of poisonous mycotoxins. Slovenia and Cyprus are big importers před zavíječem kukuřičným, jehož larvy způsobují rozsáhlé poškození stonků a jsou příčinou zhroucení celé rostliny. Toto poškození také usnadňuje nástup plísňových chorob, které mohou vést k výskytu jedovatých mykotoxinů. Velkými dovozci krmné kukuřice jsou Slovinsko a Kypr, ale v evropských institucích opakovaně hlasují proti vědě. Nizozemí, Španělsko, Portugalsko a Irsko jsou také velcí dovozci a hlasují pro vědu. Německo, Dánsko a Belgie jsou velcí dovozci a záznamy o jejich hlasování vykazují nestálost. Mezi objemem obchodu a přístupem k hlasování není žádný jasný vzájemný vztah. Hlasování nesouvisí s potřebami farmářů a spotřebitelů, nýbrž s politickým imperativem, jenž se řídí především hlasy voličů. Africké státy vyslovily obavu ohledně přístupu na evropské trhy, pokud se budou v Africe pěstovat GM plodiny, avšak GM produkty lze zjevně do Evropy dovážet jako krmivo pro zvířata. Africké země navíc již nyní hodně potravin dovážejí, takže je tu mnoho příležitostí k obchodování v rámci kontinentu.

Zemědělství je na africkém kontinentu klíčovým výrobním odvětvím, které k HDP přispívá více než 25 % a zaměstnává kolem 60 % pracovní síly. Zpráva Africa Progress Report 2014 – *Grain, Fish, Money: Financing Africa's Green and Blue Revolutions* zdůrazňuje, že zemědělství musí být v Africe jádrem transformace, protože „bez vzkvétajícího zemědělského sektoru bude většina Afričanů od vlny rostoucí prosperity odříznuta“[55]. Lídři Africké unie (AU) se na vrcholném setkání v mozambickém Maputu v roce 2003 odvážně zavázali zvrátit nedostatek investic v zemědělském sektoru, které byly tak dlouho odkládány. Představitelé těchto států se dohodli, že nejméně 10 % státního rozpočtu vyčlení na zemědělství a dosáhnou alespoň 6% růstu zemědělství ročně. Osmnáct zemí dnes dává více než 5 % státních výdajů do rozvoje zemědělství, ale rozhodnutí Africké unie z Maputa plní pouze osm zemí.

Africké země by mohly mít ze zavedení GM plodin užitek, jak se ukázalo v Jižní Americe na příkladu pozoruhodně rychlého přijetí v Argentině a Brazílii. Zatím jen málo afrických zemí zavedlo legislativu a státní regulatorní postupy zajišťující biologickou bezpečnost, ačkoli 45 z nich roku 2009 ratifikovalo doplněk *Úmluvy o biologické rozmanitosti – Cartagenský protokol o biologické bezpečnosti*, mezinárodní dohodu, která zajišťuje bezpečnou manipulaci s živými modifikovanými organizmy (LMO), jejich přepravu a používání. Po signatářích Cartagenského protokolu se požaduje, of maize for animal feed but they repeatedly vote in the European institutions against the science. The Netherlands, Spain, Portugal and Ireland are also big importers and vote in support of the science. Germany, Denmark and Belgium are big importers and have variable voting records. There is no clear correlation between trade volume and voting behaviour. Voting correlates not with farmers' and consumer needs but with political imperatives guided primarily by constituents' votes. Fears have been expressed in African countries about access to European markets if GM crops are grown in African countries, but clearly GM products can be imported into Europe for animal feed. Moreover, African countries already import much of their food for human consumption so plenty of opportunities exist for intra-continental trade.

Agriculture is a key industry in the African continent contributing over 25% of GDP employing about 60% of the labour force. The Africa Progress Report 2014 – *Grain, Fish, Money: Financing Africa's Green and Blue Revolutions*' – emphasizes that agriculture must be at the heart of transformation in Africa because 'in the absence of a flourishing agricultural sector, the majority of Africans will be cut adrift from the rising tide of prosperity'[55]. Leaders at the African Union (AU) summit in Maputo, Mozambique in 2003, made a bold commitment to reverse the underinvestment in the agricultural sector which had been held back for so long. Heads of State agreed to allocate at least 10% of national budgets to agriculture, and to achieve at least 6% annual agricultural growth. Eighteen countries now allocate more than 5% of the national expenditure to agriculture development, but only 8 countries have complied with the AU-Maputo decision.

African countries could benefit from the adoption of GM crops as demonstrated in South America with the remarkably rapid uptake in Argentina and Brazil. So far, few African countries have established National Biosafety legislative and regulatory procedures even though 45 ratified the *Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity* in 2009, the international agreement which ensures the safe handling, transport and use of living modified organisms (LMOs). Signatories of the Cartegena Protocol are required to put in place appropriate and effective legal measures and administrative structures or measures in order to implement the Protocol effectively. Only in this way can GM



Obr. 9. Zavádění GM plodin v Africe.

aby zavedli vhodná a účinná právní opatření a administrativní struktury či kroky, které povedou k efektivnímu zavedení Protokolu. Jen tak mohou být GM plodiny pěstovány komerčně, což dnes vidíme pouze v Jižní Africe, Súdánu a Burkině Faso (obrázek 9).

Cílem nedávného projektu iniciovaného nadací Johna Templetona bylo věnovat se otázce – *Mohou nám GM plodiny pomoci nasytit svět? Biovědy v africkém zemědělství (www.B4FA.org).* Jak jsme již poznamenali, pokrok v genetice šlechtění rostlin založený na konvenčních i transgenních postupech zahajuje novou fázi výroby potravin po celém světě a přináší perspek-

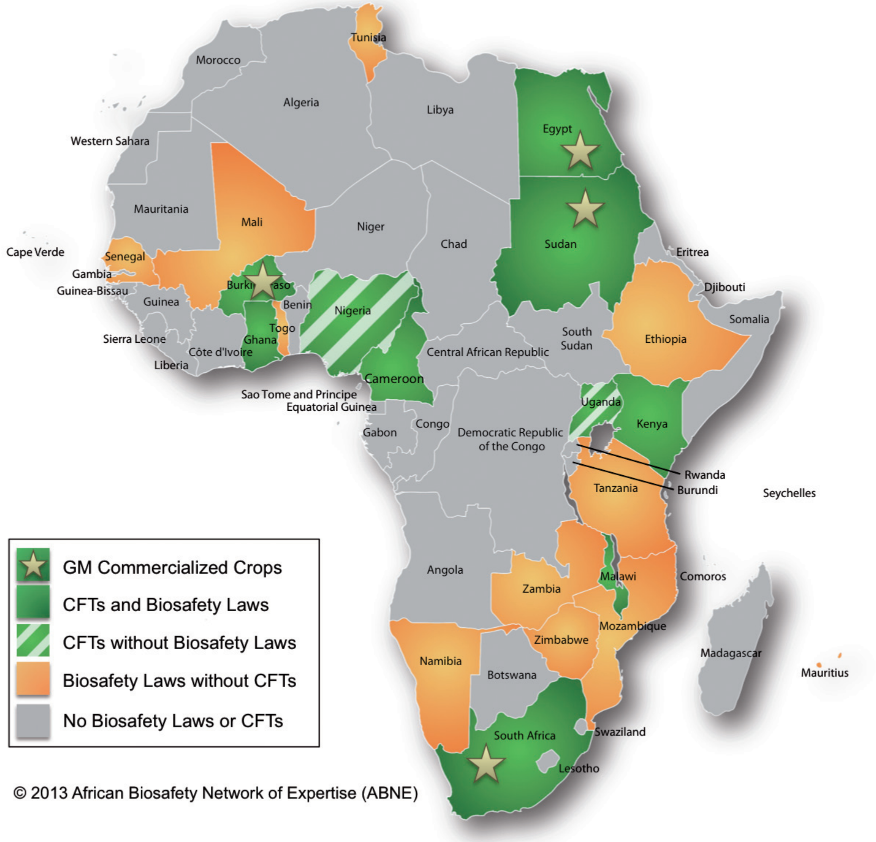


Fig. 9. Adoption of GM crops in Africa

crops be grown commercially, currently only found in South Africa, Sudan and Burkina Faso (Figure 9).

A recent project instigated by the John Templeton Foundation was designed to address the question – *Can GM crops help to feed the world? Biosciences for farming in Africa (www.B4FA.org).* As already observed, advances in the genetics of plant breeding by both conventional and transgenic technologies are bursting open a new phase of global food production and offer some prospect of being able to feed a burgeoning human population of about 9 billion by 2050. Communication with the general public and tivu, že dokážeme nasytit lidskou populaci, která se do roku 2050 rozroste na asi 9 miliard lidí. Komunikace se širokou veřejností i drobnými rolníky prostřednictvím médií je stěžejní pro zajištění potravin a zlepšení vědomostí o nákladech a přínosu GM plodin. V rámci našeho nedávného projektu jsme ve čtyřech zemích – Ghaně, Nigérii, Ugandě a Tanzanii – pořádali velice úspěšné kurzy pro místní novináře a redaktory z rozhlasu, televize, novin a časopisů. Celkem 160 novinářů, kteří kurzy navštěvovali, se zúčastnilo praktických seminářů, konferencí s africkým i širším publikem a exkurzí do asi 50 výzkumných institucí, komerčních i experimentálních zařízení. Na tomto základě vzniklo více než 1000 publicistických příspěvků a tato aktivita pokračuje dodnes.

Michael Ssali, spolupracovník B4FA v mediální oblasti a zkušený žurnalista, jehož pohled na GM plodiny se změnil, uveřejnil článek, kde se uvádí[56]: *„Hlavní potraviny a tržní plodiny směřují k úplnému vyhynutí – jako v případě Ugandy – pokud nebudou rychle podniknuty kroky ke zvrácení této situace. Jde o věc, kvůli které zažívají obyčejní afričtí farmáři, jako jsem já a moje žena, bezesné noci a trápí se kvůli klesajícím výnosům svých sklizní. Je potřeba povzbudit a podporovat snahy o použití biotechnologií za účelem genetické transformace plodin, aby byly odolné proti chorobám či suchu.“*

Další příspěvek z této série 33 esejů dokládá napětí, které panuje mezi Evropou a Afrikou: *„Evropa je největším dárcem prostředků pro Afriku i největším dovozcem potravin z Afriky. Má značnou sílu při prosazování svého úhlu pohledu u afrických vládních i nevládních organizací. Výsledkem je to, že byl dále zanedbáván rozvoj institucionální kapacity státních systémů pro inovace v zemědělství, že skoro nebylo podporováno nesmírně potřebné partnerství veřejného a soukromého sektoru za účelem zvýšení udržitelné výroby potravin, že využívání moderních biotechnologií v zemědělství zůstává pro mnoho afrických vlád tabu a že v chudých venkovských oblastech je zaměstnanost mimo farmy generována nikoli vzkvétajícím soukromým sektorem, nýbrž díky rozšíření institucí z veřejného sektoru a zahraničních nevládních organizací.“* [51]

Oba citáty vyjadřují přání několika afrických lídrů včetně ugandského prezidenta Museveniho spolu s mnoha farmáři, žurnalisty a akademiky, aby biotechnologie byly v zájmu tohoto kontinentu přijaty, ale odrážejí rovněž zdroje překážek jejich zavádění.

with smallholder farmers through the media is a crucial element of food security and an increased understanding of the costs and benefits of GM crops. Our recent project held highly successful courses in four countries – Ghana, Nigeria, Uganda and Tanzania – for regional journalists and editors from radio, television, newspapers and journals. Journalists who participated, 160 in all, attended workshops, field trips to some 50 research institutions, commercial and experimental facilities, inter- and intra-continental conferences, and generated more than 1000 journalists' pieces, an activity that continues until this day.

As reported in the published essay by B4FA Media Fellow, Michael Ssali[56], a senior journalist who had changed his view of GM crops – *"Major food and cash crops, like in the case of Uganda, are set for total extinction unless quick steps are taken to reverse the situation. This is an issue that gives ordinary African farmers like my wife and I sleepless nights, worrying about our dwindling crop yields. The efforts to apply biotechnology for genetic transformation of the crops to make them disease or drought resistant must be encouraged and supported".*

Another contribution in a 33 essay series illustrates the tension that exists between Europe and Africa – "*Europe is the largest donor in Africa as well as the largest importer of food from Africa, it has considerable clout in imposing its view on African government and non-government organizations. The result is that institutional capacity development of national agricultural innovation systems have further been neglected, highly needed public-private partnerships to increase food production in a sustainable way are hardly encouraged, the use of modern biotechnology in agriculture remains a taboo for many African governments, and off-farm employment in poor rural areas is generated not by a flourishing private sector but thanks to the proliferation of public sector bodies and foreign NGOs*" [51].

Both quotations convey the desire of several African leaders including that of President Museveni of Uganda, together with many farmers, journalists and scholars, that biotechnology should be embraced for the benefit of the continent, but they also reflect the source of barriers to adoption.

Otázky etiky

Nepřekvapuje, že africké mediální kurzy zmiňované výše nastolily známé etické otázky spojené s GM plodinami, které se týkají rizik pro lidstvo a životní prostředí, férovosti, vlastnických práv, jejich užitečnosti a potřebnosti. Britská organizace Nuffield Council on Bioethics prozkoumala mnoho etických argumentů vztahujících se na GM plodiny a popsala, co z nich plyne pro správu těchto technologií a jejich přínos pro drobné zemědělce[57]. Malorolníci hrají klíčovou roli při výběru upřednostňovaných vlastností a je třeba je informovat o tom, jak probíhá vyhodnocování rizik a jak se o něm informuje. Běžná představa je ta, že nadnárodní společnosti jednají riskantně, když kladou zisk nad blaho spotřebitelů či zájem o znevýhodněné jedince, a že tato technologie není bezpečná. To přispělo k neúspěchu hledání společných hodnot, a sice převážně kvůli překrucování faktů a dezinformacím o této technologii ze strany jistých speciálních zájmových skupin, nevládních organizací a médií, což vedlo k velkým zmatkům.

Během našich mediálních seminářů v Africe často vyvstávaly čtyři otázky. „Hrají si vědci na boha“, když manipulují s genomem, a je to bezpečné? V bibli ani žádných jiných posvátných textech nejsou výslovné pokyny, které by jakkoli zakazovaly procesy nebo produkty molekulárního šlechtění a bránily jim – a ani bychom neočekávali, že tam budou: tehdy ještě nebyly vynalezeny. Mnozí křesťanští a muslimští badatelé v oblasti moderních biotechnologií potvrdili svůj souhlas s GM procesy a produkty – v případě muslimů za předpokladu, že zdroje, z nichž pocházejí, jsou halál. V otázce bezpečnosti se rizika a přínos pro životní prostředí a volně žijící zvířata nijak neliší od zavedení jakékoli nové rostlinné odrůdy či hybridu získaného pomocí zavedených metod konvenčního šlechtění rostlin. Co se týče bezpečnosti lidí, přezkoumáním 1783 publikací z let 2002 až 2010 se došlo k závěru, že neexistují „žádná významná rizika přímo související s používáním geneticky připravených plodin“[58], což potvrzuje závěry vědeckých institucí po celém světě i Evropské komise.

Je výroba GM plodin přirozená? Historické prameny ukazují, že lidstvo měnilo rostliny jejich selekcí a sběrem semen po staletí. Moderní pšenici lze vysledovat 10 000 let do minulosti k náhodnému křížení mezi *Aegilops speltoides* a *Triticum urartu*, z nějž vzniklo *Triticum dicoccoides* (pšenice planá dvouzrnka), a dalšímu křížení mezi *Triticum dicoccoides* a *Aegilops tauschii* (mnohoštět Tauschův), z nějž vzniklo *Triticum aestivum* a moderní

Questions of ethics

Unsurprisingly, the African media courses referred to above raised familiar ethical issues about GM crops in terms of safety to humankind and the environment, fairness, ownership, utility and need. The Nuffield Council on Bioethics has examined many of the ethical arguments relevant to GM crops and described the implications for the governance of the technology and its utility for small-scale farmers[57]. Smallholder farmers have a key role in the selection of preferred traits and they need to be informed about how risk-based evaluations are performed and propagated. A common perception is that multinational companies are dangerously placing profit above consumer well-being or concern for the disadvantaged, and that the technology is unsafe. This has contributed to a failure in the search for common values, largely because of the misrepresentation and disinformation about the technology by certain special interest groups, NGOs and media which has led to widespread confusion.

In our media workshops in Africa four questions frequently emerged. Are scientists 'playing God' by the manipulation of genomes, and is it safe? Explicit instructions in the Bible or any other sacred text do not exist concerning any prohibition and prevention of the processes or products of molecular breeding technologies, nor would we expect there to be; they were not invented at the time. Many Christian and Islamic scholars of modern biotechnology have affirmed the acceptance of GM processes and products – in the case of Moslems as long as the sources from which they originated were Halal. On the question of safety, risks and benefits to the environment and wildlife are no different from the introduction of any new plant variety or hybrid derived from the well-established methods of conventional plant breeding. In terms of safety to humans, a review of 1783 publications between 2002 and 2010 and concluded that there were 'no significant hazards directly connected with the use of GE crops'[58], confirming the conclusions of scientific academies worldwide and the European Commission.

Is the production of GM crops is natural? The historical evidence shows that humankind has been modifying plants by plant selection and seed collection for centuries. Modern wheat can be traced back 10,000 years to a chance hybridisation between *Aegilops speltoides* and *Triticum urartu* which produced wild emmer, and another between *Triticum dicoccoides* (wild emmer) and *Aegilops tauschii* (wild goat grass) gave rise to odrůdy pšenice. Výsledek je ten, že každý den jíme chléb z hybridní pšenice. Jen málo z toho, co dnes pěstujeme, se jakkoli podobá svým divokým předkům.

Výhrady k tomu, zda je přirozené přenášet geny přes hranice druhů, pramení z pohledu Platóna a Aristotela na věčné a ideální formy, které jsou určeny svou esencí. Tyto ideje z doby před asi 2 000 lety jsou hluboce zakořeněné v naší kultuře, jak je vidět na diskuzích o tom, zda jsou druhy stálé, což je téma, kterému se pilně věnoval Darwin v devatenáctém století. Ironické je mimo jiné i to, že se zdá, že jsme v klidu, co se týče konvenčního šlechtění, které míchá desetitisíce genů, aniž bychom měli moc představu o výsledku dřív, než jej zkontrolujeme, zatímco nám leží v hlavě moderní technologie, které umožňují pohybovat jediným genem (nebo dokonce i jen nukleotidem) s předem jistým výsledkem. Někteří odborníci, kteří se zabývali teologickými důsledky genetického inženýrství, jej interpretovali tak, že přináší nový náhled na člověka jakožto „spolustvořitele“, který spolu s bohem prostřednictvím nové technologie k tvoření přispívá, aniž by si jej přisvojoval.

Je proces pěstování GM plodin spravedlivý? Utilitaristický argument, že to, na čem záleží, je dobro mnoha, byl zpochybňován těmi, kteří prohlašují, že existuje základní morální závazek chovat se spravedlivě. Papež Jan Pavel II psal v encyklice *Fides et Ratio* (1998) o pozitivistickém smýšlení vědecké komunity, jež nejen že se zřekla křesťanského vidění světa, ale konkrétněji odmítá i veškeré volání po metafyzické či morální vizi. „Z toho plyne,“ říká, „že jistí vědci, kteří postrádají jakýkoli etický pevný bod, jsou v nebezpečí, že do středu svého zájmu budou klást cosi jiného než lidskou bytost a celek života této osoby. Navíc se zdá, že někteří z nich, ti, co vycítili příležitost danou technickým pokrokem, podléhají nejen tržní logice, ale i pokušení jakoby božské moci nad přírodou a dokonce i nad lidskou bytostí.“ Papež František se nedávno v encyklice *Laudato Si*[59] vrátil k významu konvenčního vědeckého přístupu k zemědělským biotechnologiím a naznačil, že to, co by se mělo brát v úvahu, je konečný výsledek a nikoli proces samotný. V zemědělství upřednostňuje „agroekologickou“ praxi před „udržitelnou intenzifikací“, ačkoli uznává, že ani jedna z nich nemůže legitimně tvrdit, že by opomíjela užitečnost genetického inženýrství.

Starost o férovost se u veřejnosti objevuje, když ta vidí, že vědu a její aplikace formují výhradně komerční zájmy soustředěné v rukou poměrně mála nadnárodních společností. Investoři potřebují finanční návratnost, *Triticum aestivum* and modern wheat varieties. The outcome is that we eat hybrid wheat in our daily bread. Little that we grow today bears any resemblance to their natural origins.

Reservations about whether it is natural to transfer genes across species boundaries derive from the views of Plato and Aristotle about eternal and ideal forms with a defining essence. These ideas of some 2,000 years ago are deeply ingrained culturally as we see in the arguments over whether there is a fixity of species, a topic that greatly exercised Darwin in the nineteenth century. One of the ironies is that we seem relaxed about conventional breeding which shuffles tens of thousands of genes with little idea of the outcome pre-screening, whereas we are exercised about modern technologies that enable the movement of a single gene (or even a nucleotide) with confidence of the outcome. Genetic engineering is interpreted by some scholars who have addressed the theological implications as provoking new insights into humans as 'co-creators' with God, contributing to, rather than usurping, the divine work of creation through new technology.

Is the process of producing GM crops fair? The utilitarian argument that it is the good of the many that matters has been challenged by those who contend there is an overriding moral obligation to be fair. Pope John Paul II in the encyclical *Fides et Ratio* (1998) wrote of the positivistic mentality of the scientific community which not only abandoned the Christian vision of the world but more especially rejected every appeal to a metaphysical or moral vision. 'It follows' he said 'that certain scientists, lacking any ethical point of reference, are in danger of putting at the centre of their concerns something other than the human person and the entirety of the person's life. Further still, some of these, sensing the opportunities of technological progress, seem to succumb not only to a market-based logic, but also to the temptation of a quasi-divine power over nature and even over the human being'. Recently, Pope Francis in *Laudato Si* [59] echoed the significance of the mainstream scientific approach to agricultural biotechnology and suggested that it was the end result, not the process itself that should be taken into account. His preference for agriculture was in the practice of 'agroecology' rather than 'sustainable intensification', though he recognised that neither can claim legitimately to ignore the utility of genetic engineering.

Concerns about fairness arise among the public when they see science and its applications shaped solely by commercial interests concentrated in jelikož náklady na vývoj a dodržování předpisů jsou vysoké. Odhaduje se, že posouzení bezpečnosti a ekologických rizik spojených se zavedením na trh v případě kukuřice odolné vůči hmyzu přijde na něco mezi 7 a 15 miliony dolarů. Průmysl i obchodníci byli nicméně vyzváni, aby věnovali víc pozornosti emoční reakci veřejnosti na nové technologie. Došlo k vítané reakci ve formě partnerství mezi zeměmi z Jihu i v neotřelé podobě spolupráce mezi veřejným a soukromým sektorem zahrnující plány na sdílení technologií mezi vědci v rozvinutém a rozvojovém světě. Mnoho z nově vznikajících ekonomik včetně některých afrických postoupilo mílovými kroky při zakládání svých vlastních center excelence, takže již nejsou zcela závislé na aktivitách Severu.

A konečně – jsou GM plodiny zapotřebí? To, že Evropa odmítla bovinní somatotropin společnosti Monsanto, který zvyšuje produkci kravského mléka a je jedním z prvních produktů biotechnologických postupů založených na rekombinantní DNA, je známkou toho, jak je důležité pochopit, zda je nějaký produkt zapotřebí, i to, zda je přijatelný pro veřejnost. V období 90. let byla Evropa zaplavena „moři mléka" a „horami zrní". Příslušní ředitelé této společnosti, kteří tlačili na zavedení GM plodin v Evropě, se později za tento necitlivý marketing omlouvali. Zavázali se, že v produktech určených pro výrobu potravin a zvířecího krmiva nebudou používat geny lidí ani zvířat, že nikdy nebudou prodávat produkt, do nějž byl přidán známý alergen, a že se nebudou zabývat technologiemi, které vyvolávají neplodnost semen. Tato omluva souzněla s názorem, že máme-li rozumně chápat náklady a přínos nějaké nové technologie a to zvláště v rozvojových zemích, potom spíš než abychom hledali způsob jak změnit postoj veřejnosti k ní, je nutné přesvědčit o nutnosti jejího zavedení – a to je čtvrtá překážka – instituce, které mají na starosti zavádění inovací.

Belgičtí filozofové a vědci[60] nedávno využili kognitivní vědu, když se snažili porozumět tomu, proč se v některých zemích tak široce rozšířil odpor vůči GM plodinám navzdory jejich přínosu pro udržitelné zemědělství a zajištění potravin. Blancke se svými kolegy zdůraznil sklon lidské mysli podléhat negativním a emotivním prohlášením, zvlášť pokud přicházejí od ekologických skupin a dalších nevládních organizací. Informace zaměřené proti GM mají ohlas v rámci esencializmu, jenž DNA líčí coby podstatu organizmu, v rámci teleologických úvah, jež vykreslují GM postupy jako nepřirozené a jako hru na boha, a v rámci romantizování přírody, které ge-the hands of relatively few multi-national companies. Investors need a financial return since the development and compliance costs are high. Food safety and environmental risk assessments to bring an insect-resistance maize to the market are estimated to be between $7 and 15 million. Nonetheless, industry and commerce have been challenged to pay greater attention to the emotional responses of the public about new technologies. A welcome response has occurred in novel forms of cooperation between the public and private sectors with technology sharing schemes between scientists in the developed and developing world, as well as South-South country partnerships. Many emerging economies, including some in Africa, have made great strides in the establishment of their own centres of excellence, no longer being wholly dependent on the activities of the North.

Finally, is there a need for GM crops? Europe's rejection of Monsanto's bovine somatotropin, an enhancer of milk production in cattle and one of the earliest products of biotechnology recombinant DNA technology, signalled the importance of understanding whether a product was needed as well as understanding whether it was publicly acceptable. At the time in the '90s, Europe was awash with 'milk lakes' and 'grain mountains'. Relevant CEOs in the company who pushed for the adoption of GM crops in Europe later apologised for their crass marketing. They pledged that they would not use genes from humans or animals in products intended for food or animal consumption, they would never sell a product into which a known allergen had been introduced, and they would not pursue technologies that resulted in sterile seeds. The apology chimed with the view that rather than seeking ways to change the public's attitudes towards a new technology, it was necessary to change the understanding of need – the fourth hurdle – by institutions responsible for promoting innovation if costs and benefits particularly in developing countries were to be intelligently understood.

Belgian philosophers and scientists[60] have recently turned to cognitive science to try to understand why opposition in certain countries to GM crops has become so widespread despite their positive contributions to sustainable agriculture and food security. Blancke and colleagues highlight the susceptibility of the human mind to negative and emotional representations particularly when they come from environmental groups and other NGOs. Anti-GM messages appeal to essentialism that portrays DNA as the netické úpravy vidí jako znečištění. Existují tedy pádné důvody pro hlubší pochopení různých etických požadavků, za nimiž stojí široká škála normativních úvah.

Výsledkem tohoto bouřlivého období tří desetiletí je vznik celosvětového trhu produktů z GM plodin, díky němuž pětina světové populace pravidelně jí potraviny pocházející z GM plodin. „Roku 2014 se ve světě vypěstovalo rekordních 181,5 milionu hektarů biotechnologických plodin – to je nárůst o 6 milionů hektarů oproti roku 2013 a více než stonásobné zvýšení vůči 1,7 milionu hektarů osetých roku 1996“[28, 61]. Pokud někde přece jen existují překážky, může tam být zapotřebí státní zásah, který umožní přísun technologií, zdrojů a infrastruktury, aby se dalo využít výhod GM plodin v zájmu sociální spravedlnosti a pevných celosvětových hodnotových řetězců[62].

Role akademií a učených společností

Svět je dnes složitý prostor s větší populací, silnější mezinárodní konkurencí a rychlými důsledky, přijmeme-li špatné rozhodnutí. Koncem minulého století naznačily ekonometrické studie vztahu mezi veřejně financovaným základním výzkumem a ekonomickým výkonem, že míra návratnosti je zhruba dvojnásobkem průměrné historické návratnosti burzovních investic. Ve světle takovýchto údajů nepřekvapuje, že věda, inženýrství a technologie (SET) zaznamenaly v rozvinutých zemích pozoruhodný rozvoj.

Akademie a učené společnosti mají jedinečné kvality a potenciál přispět k dnešní debatě o vědě a technologickém pokroku, který se od ní odvíjí, jak to vylíčil Sir Aaron Klug na začátku tohoto článku. Jejich cílem je rozpoznat vynikající výzkum a investovat do něj, povzbudit a rozšiřovat jej a chránit vědeckou základnu prostřednictvím těch nejlepších vědců a těch nejlepších mladých vědců. Dále pěstovat veřejný dialog o otázkách vědy a technologie a propagovat vědecké vzdělávání a povědomí o vědě. Podporovat mezinárodní vědecké výměny a mezinárodní vědecké vztahy prostřednictvím studijních pobytů a loajalitou vůči nevládním mezinárodním vědeckým orgánům. Být fórem a ohniskem diskuzí probírajících záležitosti týkající se širší vědecké komunity. A konečně poskytovat nezávislé a hodnověrné poradenství zejména vládám a s nimi souvisejícím orgánům, ať již na vyžádání či bez něj, a předkládat politickým činitelům možné alternativy. Nejde o jednoduchý úkol. Tlak na politické činitele, aby politiku formulovali na základě faktů, je dnes větší než kdy dřív.

essence of an organism; teleological thinking that portrays GM technology as unnatural and playing God; and the romanticism of Nature that sees genetic modification as contamination. The case is made for a deeper understanding of the different ethical demands which command a wide range of normative considerations.

The outcome of this turbulent three-decade period is the emergence of a global market for GM crop products such that one-fifth of the world's population regularly eats food of GM origin. 'In 2014, a record 181.5 million hectares of biotech crops were grown globally – an increase of 6 million hectares from 2013 and more than 100-fold gain since 1.7 million hectares were planted in 1996' [28, 61] . Where barriers do exist government intervention may be needed to enable the supply of technology, resources and infrastructure to take advantage of the benefits of GM crops in the interests of social justice and robust global value chains[62].

Role of academies and learned societies

The world is now a complicated place with a bigger population, tougher international competition, and rapid consequences of taking the wrong decisions. Towards the end of the last century econometric studies of the relationship between publicly funded basic research and economic performance indicated that the rate of return was roughly double the average historical return to stock market investments. With such evidence it is unsurprising that science, engineering and technology (SET) have undergone a remarkable expansion in developed countries.

Academies and learned societies have unique qualities and the potential to contribute to today's debate about science and the technological advances it spawns in ways depicted by Sir Aaron Klug at the beginning of this paper. Their objectives are to recognise and invest in excellence; to encourage research and its dissemination and to protect the science base through the best scientists and the best young scientists; to foster the public dialogue on matters of science and technology and promote science education and awareness; to support international scientific exchange and international scientific relations, through study visits and by adherence to non-Governmental international scientific bodies; to be a forum and focus for discussion of issues relating to the wider scientific community; and to provide independent, authoritative advice, notably to governments and related

Typickým příkladem vědeckých výzev, před nimiž vědci stojí, a vlivu vědeckých objevů na politické činitele jsou následující tři případy. Zaprvé kauza ozonové díry a role sloučenin obsahujících chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), které mohou mít ve stratosféře dramatické účinky způsobující nezměrné poškození ozonové vrstvy, což ohrožuje lidské zdraví. Tlak vědců a nevládních organizací vycházející z nových vědeckých důkazů o narušené ozonové vrstvě zvlášť nad Antarktidou vyústil roku 1987 v Montrealský protokol a roku 1990 v Londýnský dodatek, jejichž cílem bylo odstavit výrobu CFC. Političtí činitelé byli v mezinárodním měřítku burcováni k tomu, aby zavedli zákaz CFC.

Zadruhé britská epidemie bovinní spongiformní encefalopatie (BSE neboli „nemoc šílených krav") z 80. let minulého století, která přivedla odborníky k nesprávné domněnce, že tato choroba nepředstavuje žádnou hrozbu pro člověka, protože se podobá klusavce u ovcí, která je endemická již 200 let, aniž by překročila mezidruhovou bariéru. Roku 1982 oznámil Stanley Prusiner z Kalifornie, že určil látku vyvolávající klusavku – šlo o protein a nikoli nukleovou kyselinu (Nobelova cena za rok 1997). Nakaženo bylo více než 180 000 kusů dobytka a tak byly navrženy postupy, které vedly k poražení 4,4 milionu kusů dobytka a uvalení zákazu krmení dobytku masokostní moučkou. To vyústilo ve snížení počtu případů v zemích, kde byla choroba přítomna. Zjistilo se, že tato nemoc je přítomna i u lidí jakožto nová variantní forma Creutzfeldtovy-Jakobovy choroby (vCJD).

Zatřetí došlo od začátku průmyslové revoluce v rozvinutých zemích k třicetiprocentnímu nárůstu koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. CO_2, který ve stratosféře přetrvává po dobu více než sta let, je vnímán jako hrozba pro udržitelný rozvoj zvlášť v rozvojových zemích. Tyto zvýšené koncentrace jsou pravděpodobně způsobeny lidskou činností (spalování fosilních paliv, odlesňování, intenzivní zemědělství a další změny ve využití půdy). Z nich plynou předpovědi globálního oteplování, které podle jednotlivých odborníků kolísají mezi nárůstem o 2 stupně Celsia až k extrémní hodnotě 5 až 6 stupňů. Přesný nárůst zůstává nevyjasněn, což představuje dilema pro stratégy a politiky, kteří by mnohem raději pracovali s jistotami.

Akademie a učené společnosti jsou s to s takovýmito obtížnými úkoly pomoci zajištěním solidních a nezávislých vědeckých důkazů. Expertní rada evropských akademií pro vědu (EASAC) působící na Leopoldině – Německé akademii věd v Halle a na Belgické královské akademii věd a umění bodies, whether asked for it or not, and to provide options for policy makers. This is not an easy task. Pressures on policy makers to formulate evidence-based policies are now greater than ever.

Three examples typify the scientific challenges faced by scientists and the influence of scientific discovery on policy makers. First, the case of the ozone hole and the role of chlorofluorocarbon (CFC) compounds which can have dramatic effects in the stratosphere causing immense damage to the ozone layer which threatens human health. Based on new scientific evidence, pressure from scientists and non-governmental organizations about the erosion of the ozone layer particularly over Antarctica resulted in the Montreal Agreement in 1987 and the London Agreement in 1990 which aimed at phasing out the production of CFCs. Policy makers were galvanized on an international scale to implement a ban of CFCs.

Second, the UK outbreak in the 1980s of bovine spongioencephalopathy (BSE, or 'mad cow disease') led experts to surmise incorrectly that the disease posed no threat to humans because it resembled scrapie in sheep which had been endemic for 200 years without crossing the species barrier. In 1982 Stanley Prusiner in California announced that he had identified the scrapie disease-causing agent as a protein and not a nucleic acid (Nobel Prize 1997). With more than 180,000 cattle infected, policies were designed which led to the slaughter of 4.4 million cattle and the imposition of a ban on feeding cattle meat and bone meat to cattle. They resulted in a reduction in cases in countries where the disease was present. In humans it was found to present as the new variant form of Creutzfeldt-Jakob disease (vCJD).

Third, since the beginning of the industrial revolution in developed countries there has been a 30% increase in concentrations of greenhouse gases in the atmosphere. CO_2 which persists in the stratosphere for over 100 years is seen as a threat to sustainable development particularly in developing countries. Raised concentrations are probably caused by human activity (burning of fossil fuels, deforestation, intensive agriculture and other land-use changes) resulting in global warming projections by experts which vary from an increase of 2 degrees centigrade to extremes of 5 to 6 degrees. The exact rise is unresolved presenting a dilemma for policy makers and politicians who would much rather work with certainties.

Academies and learned societies are well-positioned to help with such challenges by the provision of robust and independent scientific evidence.

v Bruselu se takovýmito rozbory zabývá[63]. Případ GM plodin a produktů z nich zevrubně zkoumalo více než 2000 badatelů, což vedlo k tomu, že je Evropská komise prohlásila za bezpečné a že bylo uznáno, že tyto cenné nové plodiny v budoucnu významně přispějí k zajištění potravin po celém světě.

Shrnutí

Důkazy, které jsme zde viděli, ukazují, že GM plodiny nám pomohou nasytit svět a že by bylo lehkomyslné, kdyby cíle udržitelného rozvoje, které budou formálně oznámeny v září 2015, odmítly genetické nástroje, které mají sehrát výjimečnou roli – pomoci nasytit rozrůstající se populaci a omezit chronickou podvýživu zvláště v méně rozvinutých zemích[64, 65, 66]. Ukázalo se, že rozvojový cíl tisíciletí, podle nějž se měl do roku 2015 hladomor snížit na polovinu[67] a globální oteplování se mělo omezit na nárůst pouhých 2 stupňů, je mimo naše bezprostřední možnosti, ale „šíření strachu, omyly a podvody" kolem GM plodin[68] problém zajištění potravin pouze zhorší a nevyřeší jej. Malthuziánská polemika z 19. století, s níž jsme zde začali, byla prozatím nahrazena jinou metaforou: jde o *dokonalou bouři*, kdy se spiknou všechny živly[15,69]. Tato charakteristika obtížného úkolu nasytit rostoucí světovou populaci vystihuje skutečnost, že zároveň probíhá naléhavý boj za utlumení rostoucích emisí skleníkových plynů a zmírnění globálního oteplování. „Žádný jednoduchý udržitelný způsob jak nasytit 9 miliard lidí neexistuje a to zvlášť proto, že mnohým se vede stále lépe a blíží se vzorcům chování spotřebitelů v bohatých zemích."[15]

Prohlášení o střetu zájmů

Nemám žádné granty od firmy Monsanto ani kterékoli jiné organizace zabývající se šlechtěním rostlin, nejsem jejich konzultantem a nejsem financován průmyslem.

Poděkování

Můj velký dík patří profesoru Chrisi Leaverovi z Oxfordské univerzity, doktoru Davidu Bennettovi z Cambridgeské St Edmund's College, doktoru Emmanuelu Okogbeninovi z Africké nadace pro zemědělské technologie (AATF; obrázek 6), Francesce Trelawney a mnoha dalším kolegům za užitečné diskuze o tomto tématu.

The European Academies Science Advisory Council (EASAC) based at the German Academy of Sciences Leopoldina, Halle and at the Royal Academy of Science and Arts of Belgium, Brussels, is engaged in such analyses[63]. The case of GM crops and their products has been exhaustively examined by over 2000 investigators leading to safety pronouncements by the European Commission and to recognition of these valuable new crops as significant contributors to future global food security.

Summary

The evidence we have seen here is that GM crops will help to feed the world and it would be foolhardy if the Sustainable Development Goals announced formally in September 2015 dismiss a genetic toolbox that has a unique role to play in helping to feed a growing population and reduce chronic malnutrition particularly in less developed countries [64, 65, 66]. The Millennium Development Goal of halving hunger by 2015[67] and restricting global warming to only a 2 degree rise has proved beyond our immediate reach, but 'fearmongering, errors, and fraud' about GM crops[68] will only exacerbate the problem of food insecurity, not solve it. The 19th century Malthusian polemic with which we started has been replaced for now by a different metaphor, the *Perfect Storm* [15,69]. This descriptor of the challenge of feeding a growing global population encompasses the fact that there is an urgent battle to mitigate rising greenhouse gas emissions and global warming. 'There is no simple solution to sustainably feeding 9 billion people, especially as many become increasingly better off and converge on rich-country consumption patterns'[15].

Declaration of interests.

I have no grants or consultancies from Monsanto or any other plant breeding organisation, and no industrial funding.

Acknowledgements.

My grateful thanks are due to Professor Chris Leaver of the University of Oxford, Dr David Bennett of St Edmund's College, Cambridge, Dr Emmanuel Okogbenin of African Agricultural Technology Foundation (AATF; Figure 6), Francesca Trelawney and many other colleagues for helpful discussions about this topic.

Literatura

1 *Odpor vůči nové technologii; jaderná energie, informační technologie a biotechnologie* (1995) ed. Martin Bauer Science Museum Cambridge University Press.

2 *Stav potravinového ohrožení ve světě v roce 2011*. FAO 2012 http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e00.htm

3 http://www.worldhunger.org/articles/Learn/world%20hunger%20facts%202002.htm (přístup proběhl 14. srpna 2015)

4 http://www.ifpri.org/publication/2012-global-hunger-index (přístup proběhl 14. srpna 2015)

5 Chrispin J a Jegede F (2008) *Populace a krize zdrojů na Mauriciu* Populace, zdroje a rozvoj, 2. vydání. New York: Collins.

6 Diamond J (2005) *Kolaps* Viking London: New York.

7 Alkire S (2005) *Jak si cenit svobody* (2005) Oxford University Press: Oxford a New York.

8 http://www.imeche.org/knowledge/themes/environment/global-food?WT.mc_id=HP_130007 (přístup proběhl 14. srpna 2015)

9 Schumacher E F (1973) *Malé je krásné: studie ekonomiky, jako by na lidech záleželo* Blond and Briggs London.

10 Miller J K, Herman E M, John M a Bradford K J (2010) Strategické cíle výzkumu, vzdělávání a politiky v oblasti výzkumu semen a zkvalitňování plodin. *Plant Science* **179** 645–652.

11 Moon, N (2013) Odkud bude voda? V *Postřehy: budoucnost Afriky… Mohou pomoci biovědy?* eds. Heap R B a Bennett D B Banson: Cambridge.

12 Kingsbury N (2009) *Hybrid: historie a výzkum šlechtění rostlin*. University of Chicago Press.

13 Conway G (2012) *Miliarda hladových* Comstock Publishing Associates: Ithaca a London.

14 Fedoroff N V (2010) Minulost, současnost a budoucnost genetických úprav plodin. *New Biotechnology* **27** 461–465.

15 Godfray H C J, Beddington J R, Crute I R, Haddad L, Lawrence D, Muir J F, Pretty J, Robinson S, Thomas S M a Toulmin C (2010) Nakrmit 9 miliard lidí je výzva. *Science* **327** 812–818.

16 Swaminathan M S (2010) Jak zajistit potraviny v době krize. *New Biotechnology* **27** 453–460.

17 Foley J A a kol. (2011) Řešení pro kultivovanou planetu. *Nature* **478** 337–342.

18 Pretty J N a kol. (2006) Zemědělství chránící zdroje zvyšuje výnosy v rozvojových zemích. *Environ. Sci. Technol.* **40** 1114.

19 http://royalsociety.org/policy/publications/2009/reaping-benefits/ (přístup proběhl 14. srpna 2015)

References

1 *Resistance to new technology; nuclear power, information technology and biotechnology* (1995) ed. Martin Bauer Science Museum Cambridge University Press.

2 *he State of Food Insecurity in the World 2011*. FAO 2012 http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e00.htm

3 http://www.worldhunger.org/articles/Learn/world%20hunger%20facts%202002.htm (accessed 14 August 2015)

4 http://www.ifpri.org/publication/2012-global-hunger-index (accessed 14 August 2015)

5 Chrispin J and Jegede F (2008) *Population & Resource Crisis in Mauritius* Population, Resources and Development 2nd ed. New York: Collins.

6 Diamond J (2005) *Collapse* Viking London: New York.

7 Alkire S (2005) *Valuing Freedoms* (2005) Oxford University Press: Oxford and New York.

8 http://www.imeche.org/knowledge/themes/environment/global-food?WT.mc_id=HP_130007 (accessed 14 August 2015)

9 Schumacher E F (1973) *Small is beautiful: a study of economics as if people mattere*d Blond and Briggs London.

10 Miller JK, Herman E M, John M and Bradford K J (2010) Strategic research, education and policy goals for seed science and crop improvement. *Plant Science* **179** 645–652.

11 Moon, N (2013) Where will the water come from? In *Insights: Africa's future... Can Biosciences Contribute?* eds. Heap R B and Bennett D B Banson: Cambridge.

12 Kingsbury N (2009) *Hybrid: The History and Science of Plant Breeding*. University of Chicago Press.

13 Conway G (2012) *One Billion Hungry* Comstock Publishing Associates: Ithaca and London.

14 Fedoroff N V (2010) The past, present and future of crop genetic modification. *New Biotechnology* **27** 461–465.

15 Godfray H C J, Beddington J R, Crute I R, Haddad L, Lawrence D, Muir J F, Pretty J, Robinson S, Thomas S M, Toulmin C (2010) The challenge of feeding 9 billion people. *Science* **327** 812–818.

16 Swaminathan M S (2010) Achieving food security in times of crisis. *New Biotechnology* **27** 453–460.

17 Foley J A et al. (2011) Solutions for a cultivated planet. *Nature* **478** 337–342.

18 Pretty J N et al. (2006) Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environ. Sci. Technol.* **40** 1114.

19 http://royalsociety.org/policy/publications/2009/reaping-benefits/ (accessed 14 August 2015)

[20] Ray D K, Ramankutty N, Mueller N D, West P C a Foley J A (2012) Nejnovější tendence k nárůstu či stagnaci výnosů sklizní. *Nature Communications* **3** 1293 (doi:10.1038/ncomms2296) (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[21] Lobell D B, Schlenker W a Costa-Roberts J (2011) Klimatické trendy a globální produkce plodin od roku 1980. *Science* **333** 616–620 (doi:10.1126/science.1204531, 2011).

[22] Fisher M C, Henk D A, Briggs C J, Brownstein J S, Madoff L C, McCraw S L a Gurr S J (2012) Nově vznikající plísně, které ohrožují zdraví živočichů, rostlin a ekosystému. *Nature* **484** 186–94.

[23] http://www.aatf-africa.org/userfiles/Striga-FAQ.pdf (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[24] http://www.push-pull.net/3.shtml (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[25] Aldemita R R, Reaño I M E, Solis Renando O a Hautea Randy A (2015). Globální trendy při schvalování biotechnologických plodin (1992–2014). In *GM Crops & Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*. (doi: 10.1080/21645698.2015.1056972). Taylor and Francis Group, online platforma.

[26] Klümper W a Qaim M A (2014) Meta-analýza dopadu geneticky upravených plodin. *PLOS ONE* **8** (11).

[27] Brookes G a Barfoot P (2013) GM plodiny: globální socioekonomické a ekologické dopady 1996–2013. PG Economics Ltd UK.

[28] http://isaaa.org/resources/publications/briefs/49/pptslides/default.asp (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[29] http://www.fao.org/nr/gaez/about-data-portal/yield-and-production-gaps/en/ (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[30] Zemědělské biotechnologie v rozvojových zemích: možnosti a příležitosti v oblasti pěstování plodin, lesnictví, chovu dobytka a ryb a v zemědělském průmyslu jako řešení úkolů plynoucích z nedostatku potravin a změn podnebí (ABDC-10). Současný stav a možnosti plodinových biotechnologií v rozvojových zemích. Mezinárodní technická konference FAO, Guadalajar, Mexiko 1.–4. března 2010.

[31] Lusser M, Parisi C, Plan D a Rodríguez-Cerezo E (2011) *Nové postupy ve šlechtění rostlin. Aktuální stav a vyhlídky na komerční rozvoj*. Evropská komise, Společné výzkumné středisko, Španělsko.

[32] Beyer P (2010) Zlatá rýže a „zlaté" plodiny v lidské výživě. *New Biotechnology* **27** 478–481.

[33] Eckerstorfer M, Miklau M a Gaugitsch H, (2014) *Nové postupy ve šlechtění rostlin*, Úřad pro ochranu životního prostředí, Vídeň.

[34] Potrykus I (2010) Omezení při zavádění biotechnologií za účelem zmírnění chudoby. *New Biotechnology* **27** 447–448.

[35] Juma C (2011) *Nová sklizeň* Oxford University Press Oxford: New York.

[20] RayD K, Ramankutty N, Mueller N D, West P C and Foley J A (2012) Recent patterns of crop yield growth and stagnation. *Nature Communications* **3** 1293 (doi:10.1038/ncomms2296) (accessed 14 August 2015)

[21] Lobell D B, Schlenker W, and Costa-Roberts J (2011) Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science* **333** 616–620 (doi:10.1126/science.1204531, 2011).

[22] Fisher M C, Henk D A, Briggs C J, Brownstein J S, Madoff L C, McCraw S L, Gurr S J (2012) Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *nature* **484** 186–94.

[23] http://www.aatf-africa.org/userfiles/Striga-FAQ.pdf (accessed 14 August 2015)

[24] http://www.push-pull.net/3.shtml (accessed 14 August 2015)

[25] Aldemita R R, Reaño I M E, Solis Renando O and Hautea Randy A (2015). Trends in global approval of Biotech Crops (1992–2014). In *GM Crops & Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*. (doi: 10.1080/21645698.2015.1056972). Taylor and Francis Group online platform.

[26] Klümper W and Qaim M A (2014) Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLOS ONE* **8** (11).

[27] Brookes G and Barfoot P (2013) GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2013. PG Economics Ltd UK.

[28] http://isaaa.org/resources/publications/briefs/49/pptslides/default.asp (accessed 14 August 2015)

[29] http://www.fao.org/nr/gaez/about-data-portal/yield-and-production-gaps/en/ (accessed 14 August 2015)

[30] Agricultural biotechnologies in developing countries: Options and opportunities in crops, forestry, livestock, fisheries and agro-industry to face the challenges of food insecurity and climate change (ABDC-10). Current status and options for crop biotechnologies in developing countries. FAO International Technical Conference, Guadalajar, Mexico 1–4 March 2010.

[31] Lusser M, Parisi C, Plan D and Rodríguez-Cerezo E (2011) *New plant breeding techniques. State-of-the-art and prospects for commercial development*. European Commission, Joint Research Centre, Spain.

[32] Beyer P (2010) Golden Rice and 'Golden' crops for human nutrition. *New Biotechnology* **27** 478–481.

[33] Eckerstorfer M, Miklau M and Gaugitsch H, (2014) *New Plant Breeding Techniques*, Environment Agency, Vienna.

[34] Potrykus I (2010) Constraints to biotechnology introduction for poverty alleviation. *New Biotechnology* **27** 447–448.

[35] Juma C (2011) *The New Harvest* Oxford University Press Oxford: New York.

[36] http://acbio.org.za/wp-content/uploads/2015/07/GM-Cowpea-report.pdf (accessed 14 August 2015)

[36] http://acbio.org.za/wp-content/uploads/2015/07/GM-Cowpea-report.pdf (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[37] http://pbs.ifpri.info/files/2014/04/GMO-Biosafety-Kenya-Tanzania-Uganda.pdf (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[38] http://socioeconomicbiosafety.wordpress.com/2012/11/22/the-gm-crop-regulatory-pipeline-in-africa-within-the-next-five-years/ (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[39] Komen J (2015) soukromá komunikace.

[40] Appleyard B (1998) *Nové lepší světy: jak v genetické budoucnosti zůstat lidmi*. Viking New York.

[41] http://www.independent.co.uk/news/world/actionaid-the-charity-spreading-groundless-fears-over-gm-10126504.html (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[42] http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/2986.pdf (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[43] http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691512005637 (přístup proběhl 14. srpna 2015)

[44] Chassy B (2010) Rizika zabezpečení potravin a zdraví spotřebitelů. *New Biotechnology* **27** 534–544.

[45] Parrott W (2010) Geneticky modifikovaný mýtus a realita. *New Biotechnology* **27** 545–551.

[46] Alessandro N, Manzo A, Veronesi F a Rosellini D (2014) Přehled uplynulých 10 let výzkumu bezpečnosti geneticky vyprojektovaných plodin. *Critical Reviews in Biotechnology* **34** 77–88 (doi:10.3109/07388551.2013.823595).

[47] Sakamoto Y, Tada Y, Fukumori N, Tayama K, Ando H, Takahashi H, Kubo Y, Nagasawa A, Yano N, Yuzawa K a Ogata A (2008) Studie zkrmování geneticky upravených sójových bobů krysami F344 po dobu 104 týdnů. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi* **49** 272–82.

[48] Snell C, Bernheim A, Bergé J B, Kuntz M, Pascal G, Paris A a Ricroch A E (2012) Posouzení zdravotního dopadu stravy založené na GM plodinách v dlouhodobých vícegeneračních pokusech se zkrmováním zvířaty: přehled literatury. *Food Chem Toxicol* **50** 1134-48. Elektronická publikace 3. prosince 2011.

[49] Ricroch, A E (2013) Posouzení bezpečnosti geneticky vyprojektovaných potravin pomocí „omických“ postupů a dlouhodobých studií zkrmování zvířaty. *New Biotechnology* (doi.org/ 10.1016/j.nbt.2012.12.001).

[50] van der Linden S a Lewandowsky S (2015) Jak bojovat s nedůvěrou ve vědě; překvapivá moc psychologie konsenzu. *Scientific American* 28. dubna 2015.

[51] Aerni P (2014) Velká nedorozumění globální potravinové krize. Ve *Postřehy: budoucnost Afriky… Mohou pomoci biovědy?* eds. R B Heap a D J Bennett, str. 76-87. Banson: Cambridge.

[52] Kahan D M (2012) Kulturní poznání jako koncepce kulturní teorie rizika. V *Příručka teorie rizika*: epistemologie, teorie rozhodování, etika a sociální dů-

[37] http://pbs.ifpri.info/files/2014/04/GMO-Biosafety-Kenya-Tanzania-Uganda.pdf (accessed 14 August 2015)

[38] http://socioeconomicbiosafety.wordpress.com/2012/11/22/the-gm-crop-regulatory-pipeline-in-africa-within-the-next-five-years/ (accessed 14 August 2015)

[39] Komen J (2015) personal communication.

[40] Appleyard B (1998) *Brave New Worlds Staying Human in the Genetic Future*. Viking New York.

[41] http://www.independent.co.uk/news/world/actionaid-the-charity-spreading-groundless-fears-over-gm-10126504.html (accessed 14 August 2015)

[42] http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/2986.pdf (accessed 14 August 2015)

[43] http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691512005637 (accessed 14 August 2015)

[44] Chassy B (2010) Food safety risks and consumer health. *New Biotechnology* **27** 534–544.

[45] Parrott W (2010) Genetically modified myths and realities. *New Biotechnology* **27** 545–551.

[46] Alessandro N, Manzo A, Veronesi F and Rosellini D (2014) An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. *Critical Reviews in Biotechnology* **34** 77-88 (doi:10.3109/07388551.2013.823595).

[47] Sakamoto Y, Tada Y, Fukumori N, Tayama K, Ando H, Takahashi H, Kubo Y, Nagasawa A, Yano N, Yuzawa K and Ogata A (2008) A 104-week feeding study of genetically modified soybeans in F344 rats. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi* **49** 272–82.

[48] Snell C, Bernheim A, Bergé J B, Kuntz M, Pascal G, Paris A and Ricroch A E (2012) Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: a literature review. *Food Chem Toxicol* **50** 1134–48. Epub 2011 Dec 3.

[49] Ricroch, A E (2013) Assessment of GE food safety using '-omics' techniques and long-term animal feeding studies *New Biotechnology* (doi.org/ 10.1016/j.nbt.2012.12.001).

[50] van der Linden S and Lewandowsky S (2015) How to combat distrust in science; the surprising power of the psychology of consensus. *Scientific American* 28 April 2015.

[51] Aerni P (2014) The great misunderstanding of the global food crisis. In *Viewpoints Africa's Future....Can biosciences contribute?* eds. R B Heap and D J Bennett. pp. 76–87. Banson: Cambridge.

[52] Kahan D M (2012) Cultural cognition as a conception of the cultural theory of risk. In *Handbook of Risk Theory:* Epistemology, Decision Theory, Ethics and Social Implications of Risk pp. 725-760 eds. Hillerbrand, R., Sandin, P., Roeser, S. and Peterson, M. Springer London, Limited, 2012.

sledky rizika, str. 725-760 eds. Hillerbrand, R., Sandin, P., Roeser, S. a Peterson, M. Springer London, Limited, 2012.

53 Paarlberg R (2009) *Hlad po vědě: proč drží biotechnologii mimo Afriku* Harvard University Press: Cambridge Massachusetts.

54 http://www.voxeu.org/article/future-african-agriculture-can-smallholders-be-answer (přístup proběhl 14. srpna 2015)

55 http://app-cdn.acwupload.co.uk/wp-content/uploads/2014/05/APP_APR2014_24june.pdf (přístup proběhl 14. srpna 2015)

56 Ssali M (2014) Proč jsem změnil názor na biotechnologii pro Afriku. V *Postřehy: budoucnost Afriky… Mohou pomoci biovědy?* eds. R B Heap a D J Bennett, str. 35–40. Banson Cambridge.

57 Weale A (2010) Etické argumenty související s používáním GM plodin. *New Biotechnology* **27** 582–587.

58 Nicolai, A, Manzo A, Veronesi F a Rosellini D (2013) Přehled uplynulých 10 let výzkumu bezpečnosti geneticky vyprojektovaných plodin. *Critical Reviews in Biotechnology* Early Online 1–12 (doi: 10.3109/07388551.2013.823595).

59 http://w2.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html (přístup proběhl 14. srpna 2015)

60 Blancke S, Van Breusegem F, De Jaeger G, Braeckman J a van Montagu M (2015) Osudová přitažlivost: intuitivní půvab odporu vůči geneticky modifikovaným organizmům. *Trends Plant Sci.* **20** 414-8 (doi: 10.1016/j.tplants.2015.03.011).

61 http://isaaa.org/resources/publications/briefs/49/executivesummary/default.asp (přístup proběhl 14. srpna 2015)

62 Heap R B (2013) Evropa by měla přehodnotiti svůj postoj ke GM plodinám. *Nature* **498** 409.

63 http://www.easac.eu/ (přístup proběhl 14. srpna 2015)

64 http://www.prri.net/wp-content/uploads/2014/09/CPB-MOP7-PPRI-ISAAA-Side-Event-PPT-2.pdf (přístup proběhl 14. srpna 2015)

65 Leaver, C J (2013) Nové genetické plodiny v rozvíjejícím se světě. V *Úspěšné zemědělské inovace v nově vznikajících ekonomikách*, str. 107–113 eds. D J Bennett a R C Jennings Cambridge University Press: Cambridge.

66 Technické možnosti jak nasytit 10 miliard lidí: šlechtění rostlin a inovativní zemědělství (2013) Možnosti vědy a techniky, Evropský parlament, Brusel (k dispozici na adrese http://www.europarl.europa.eu/stoa/) (přístup proběhl 14. srpna 2015)

67 Http://www.un.org/millenniumgoals/poverty.shtml (přístup proběhl 14. srpna 2015)

68 http://www.slate.com/articles/health_and_science/science/2015/07/are_gmos_safe_yes_the_case_against_them_is_full_of_fraud_lies_and_errors.html (přístup proběhl 14. srpna 2015)

69 http://www.grammarphobia.com/blog/2008/05/the-imperfect-storm.html (přístup proběhl 14. srpna 2015)

53 Paarlberg R (2009) *Starved for Science How Biotechnology is being kept out of Africa* Harvard University Press: Cambridge Massachusetts.

54 http://www.voxeu.org/article/future-african-agriculture-can-smallholders-be-answer (accessed 14 August 2015)

55 http://app-cdn.acwupload.co.uk/wp-content/uploads/2014/05/APP_APR2014_24june.pdf (accessed 14 August 2015)

56 Ssali M (2014) Why I changed my mind about biotechnology for Africa. In *Viewpoints Africa's Future....Cam biosciences contribute* eds. R B Heap and D J Bennett. pp. 35–40. Banson Cambridge.

57 Weale A (2010) Ethical arguments relevant to the use of GM crops. *New Biotechnology* **27** 582–587.

58 Nicolai, A, Manzo A, Veronesi F and Rosellini D (2013) An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research *Critical Reviews in Biotechnology* Early Online 1-12 (doi: 10.3109/07388551.2013.823595).

59 http://w2.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html (accessed 14 August 2015)

60 Blancke S, Van Breusegem F, De Jaeger G, Braeckman J and van Montagu M (2015) Fatal attraction: the intuitive appeal of GMO opposition. *Trends Plant Sci.* **20** 414–8 (doi: 10.1016/j.tplants.2015.03.011).

61 http://isaaa.org/resources/publications/briefs/49/executivesummary/default.asp (accessed 14 August 2015)

62 Heap R B (2013) Europe should rethink its stance on GM crops. *Nature* **498** 409.

63 http://www.easac.eu/ (accessed 14 August 2015)

64 http://www.prri.net/wp-content/uploads/2014/09/CPB-MOP7-PPRI-ISAAA-Side-Event-PPT-2.pdf (accessed 14 August 2015)

65 Leaver, C J (2013) New genetic crop across the emerging world In: *Successful Agricultural Innovation in Emerging Economies* pp. 107–113 eds. D J Bennett and R C Jennings Cambridge University Press: Cambridge.

66 Technology options for feeding 10 billion people: Plant breeding and innovative agriculture (2013) Science and Technology Options, European Parliament, Brussels (available at http://www.europarl.europa.eu/stoa/) (accessed 14 August 2015)

67 http://www.un.org/millenniumgoals/poverty.shtml (accessed 14 August 2015)

68 http://www.slate.com/articles/health_and_science/science/2015/07/are_gmos_safe_yes_the_case_against_them_is_full_of_fraud_lies_and_errors.html (accessed 14 August 2015)

69 http://www.grammarphobia.com/blog/2008/05/the-imperfect-storm.html (accessed 14 August 2015)