

Medicína a zdraví

Hledání souvislosti mezi duševní chorobou a lokalitou

Stále více důkazů naznačuje, že místo narození je rizikovým faktorem pro schizofrenii **JR MINKEL**

SCHIZOFRENIE SVOU DĚDIČNOST VELMI DOBŘE SKRÝVÁ. Ačkoliv bude schizofrenie diagnostikována na základě příznaků, jako jsou halucinace a rozvrácená mysl u méně než jednoho procenta běžné populace, pro děti schizofrenického rodiče vyskočí tento poměr až na jednoho člověka z deseti. Genetické příčiny toho stavu stále tvrději odolávají odhalení. V rámci nejnovějšího pokusu o jejich nalezení shromáždily tři skvělé týmy vědců genotypové údaje 8 000 schizofreniků evropského původu, ale našly jen hrstku slabě rizikových genetických znaků.

Analýzy jako ta, která se objevila 1. července v časopise *Nature* (*Scientific American* je součástí nakladatelské skupiny Nature), vedly vědce ke zpochybnění významu brutální síly genomiky při analyzování schizofrenie. „Myslím, že si musíme dát oddech a jasněji si promyslet povahu rizika onemocnění,” říká Dolores Malaspina, ředitelka sociálního a psychiatrického programu Langonova léčebného centra při Newyorské univerzitě. Zejména by přívrženci genetiky měli postoupit trochu místa svým kolegům epidemiologům, kteří v průběhu posledního desetiletí shromáždili provokativní, ale do sebe zapadající řadu studií naznačujících, že rodiště ve městě a status přistěhovalce jsou trvalými rizikovými faktory. Vědci věří, že náchylnost ke schizofrenii začíná vznikat již v průběhu rané fáze vývoje mozku, tedy v děloze. Míra poněkud stoupá u potomků, jejichž matky se nakazily chřipkou nebo byly podvyživené v průběhu těhotenství, u novorozenců, kteří trpěli porodními komplikacemi, jako například nedostatkem kyslíku, a u dětí narozených v zimě nebo na jaře.

Od 90. let 20. století začaly studie z Dánska, Nizozemí a Švédska označovat život ve městě jako výrazný rizikový faktor. V největší z těchto studií zahrnující skupinu 1,75 milionů Dánů měli ti, kdo se narodili v Kodani, 2,5krát větší riziko vzniku schizofrenie než ti, kdo se narodili ve venkovských oblastech.

Dánové, kteří se narodili v menších městech, vykazovali střední riziko. Ačkoliv povaha tohoto vlivu zůstává nejasná, byli vědci schopni zúžit jeho načasování: Dánové, kteří žili v měst-

ských centrech prvních 15 let svého života, byli vystaveni nejvyššímu riziku.

Druhá vlna objevů ukázala, že imigranti do evropských zemí mají zvýšené riziko schizofrenie v porovnání s původním místním obyvatelstvem. Druhá generace imigrantů vykazuje zvýšené riziko ve srovnání se svými rodiči a hodnoty jsou nejvyšší u osob afrického původu. Ve studii provedené ve třech britských městech měli afrokaribští Američané ve srovnání s běžnou populací devětkrát větší pravděpodobnost, že budou léčeni na schizofrenii. Zdá se, že složení okolí také hraje roli. V jižním Londýně epidemiolog James Kirkbride z Univerzity v Cambridge a jeho kolegové z King's College zjistili, že v prostředí s větší mírou „společenské soudržnosti” je výskyt schizofrenie poměrně nižší.

I přes konsistentnost těchto zjištění říkají epidemiologové působící v tomto oboru, že vědecké časopisy v USA nechtějí brát ohled na studie zkoumající vztah mezi rasou a schizofrenií. Proto až v roce 2007 Michaeline Bresnahan, Ezra Susser a jejich kolegové z Mailmanovy fakulty veřejného zdraví Kolumbijské univerzity

opatrně zveřejnili údaje o skupině 12 000 Kalifornanů účastnících se zdravotního plánu Kaiser Permanente, které ukázaly, že míra hospitalizace kvůli schizofrenii byla dvakrát vyšší u Afroameričanů než u bílých, a to i při zohlednění sociálně-ekonomického postavení jejich rodičů. A protože skupina byla součástí stejného zdravotního plánu, nemůže tento nesoulad souviset se zhoršeným přístupem ke zdravotní péči, říká Susser.

Vzhledem k tomu, že schizofrenie nemá žádné jasné biologické indikátory, mohou skeptici pochybovat, že byla diagnostická kritéria správně použita ve skupinách z různých kultur. Pro epidemiology jsou takové argumenty zcela mimo. „Strategií je identifikovat důležitá rizika nebo ochranné faktory v rámci dané skupiny” poznamenává Dana Marchová, doktorandka filosofie v Susserově skupině.

Podle Marchové ukazují její předběžné práce, že mezi členy skupiny zapojené do plánu Kaiser narozenými v okrese Oakland vykazují ti, kdo se narodili v hustěji obydlené oblasti,



ZKRESLENÝ POHLED: Umělecká interpretace schizofrenie, která má dědičné prvky, jejichž objasnění je velmi obtížné.

dvakrát až třikrát vyšší riziko schizofrenie než ti, kdo se narodili na méně obydlených místech, a to bez ohledu na rasu. Obyvatelé zchátralějších nebo přelidněných městských prostředí mohou být podle ní více vystaveni jedovatým chemikáliím a infekcím a mohou mít menší přístup k sociálnímu kapitálu, který by otupil účinky predispozice k duševní chorobě získané na počátku života.

Shrnuto, takové rizikové faktory okolí by mohly znamenat trvalé epigenetické změny — chemické přepsání genomu v reakci na podněty prostředí. Pokud je to pravda, nacházejí se kořeny schizofrenie tam, kde se setkává geografie a genetika.

JR Minkel žije v Nashvillu ve státě Tennessee.

Splacení dluhu pandemie

Dědictví hrozná chřipky roku 1918: mírnější virus H1N1 dnes **CHRISTINE SOARES**

AČKOLIV JE PRASEČÍ CHŘIPKA Z ROKU 2009 STÁLE JEŠTĚ V PLNÉM PROUDU, již nyní tato globální epidemie chřipky, čtvrtá v posledních 100 letech, poskytuje vědcům hodnotné poznatky o minulosti pandemií — o těch, které mohly nastat, i o těch, které stále nastat mohou. Důkazy nashromážděné v létě 2009 naznačují, že nový virus prasečí chřipky H1N1 není pro lidský imunitní systém úplně nový. Někteří vědci dokonce vidí současné vypuknutí nemoci jen jako recidivu v probíhající pandemické éře, která začala, když se první virus H1N1 objevil v roce 1918.

Okamžitě poté, co se nejnovější virus H1N1 na jaře objevil na scéně, podezřele si vybíral mladé lidi a staré zanechával téměř bez povšimnutí. K dnešnímu dni bylo 79 procent v USA potvrzených případů zjištěno u lidí mladších 30 let a pouze 2 procenta u lidí starších 65 let. Ve světle této nesouměrnosti náporu začali výzkumníci ve Střediscích pro regulaci a prevenci nemocí (Centers for Disease Control and Prevention) rychle testovat stovky vzorků lidského séra uložených mezi lety 1880 a 2000 a hledali důkazy o minulé lidské zkušenosti s novým virem H1N1.

Údaje zveřejněné v květnu minulého roku vykazovaly výraznou protilátkovou odezvu na nový virus u třetiny vzorků od subjektů starších 60 let a v menším počtu (6 až 9 procent) u vzorků od mladších dospělých. Autoři vyslovili teorii, že vystavení virům lidské chřipky, které se objevily po H1N1 z roku 1918, připravilo imunitní systém nejstarších subjektů na rozpoznání nového viru H1N1.

Skupina CDC získala vzorky séra odebrané 83 dospělým a hrstce dětí, kteří dostali vakcínu proti prasečímu viru H1N1, jež byla v roce 1976 podána 43 milionům Američanů. Více než polovina vzorků od dospělých, kteří dostali jedinou dávku této vakcíny, vykazovala výraznou imunitní reakci na virus H1N1 z roku 2009, zatímco pouze malé rozpoznání nového viru bylo pozorováno v séru naočkovaných dětí, které v té době byly všechny mladší čtyř let.

Tento nesoulad byl důležitým vodítkem podle autorky Jackie Katzové z divize pro chřipku CDC, která zveřejnila tato zvláštní zjištění v září. Do-

spěli, kterým bylo v roce 1976 mezi 25 a 60 lety, by museli být vystaveni chřipce H1N1 před rokem 1957, tedy rokem, kdy byla zjištěna, než se na následující dvě desetiletí odmlčela. „Předpokládáme, že ve věku pěti let se každý člověk alespoň jednou setkal s chřipkou“ vysvětluje Katzová. Toto dřívější setkání s virem H1N1 se zdá být klíčem k masivnímu rozpoznání viru ve vakcíně z roku 1976, stejně tak jako se zdá, že vakcína roku 1976 vyvolala silnou reakci na virus H1N1 roku 2009. U velmi malých dětí se naopak projevuje reakce imunitních systémů, které nemají žádnou předchozí zkušenost s virem H1N1.

Katzová upozorňuje, že vysoké hladiny protilátek v séru nezaručují imunitu před infekcí, ale slouží jako dobré indikátory ochrany při testování vakcín a jsou docela jistou známkou dřívějšího vystavení patogenu. U lidí s určitou mírou předchozí imunity může následná vakcinace působit jako „druhá dávka“. Výsledky pokusů zveřejněné v září překvapily hygieniky tím, že prokázaly, že jediná dávka vakcíny proti novému viru H1N1 vyvolala silnou reakci dokonce u některých dětí starších šesti let, což naznačuje, že imunitní systém zkušebních subjektů zřetelně rozpoznal virus vakcíny.

Analýzy výskytu infekce při moderních epidemiích sezónní chřipky naznačují, že s věkem přichází mírný nárůst imunity na chřipkové viry obecně. Ačkoliv vnější virové proteiny hemagglutininu a neuraminidázu (H a N označující kmen chřipky) jsou hlavním cílem vakcín, lidský imunitní systém může rozpoznávat také jiné části viru. Výsledná reakce nemusí pomoci předejít infekci, ale může snížit příznaky do té míry, že si lidé ani neuvědomí, že jsou infikováni.

Sezónní chřipka dosahuje maxima u dětí a „potom jakoby klesá s věkem“ říká Jeffery Taubenberger, odborník na viry v Národním ústavu pro alergii a infekční choroby. „Starší lidé mají nejvyšší úmrtnost, protože často trpí jinými nemocemi“ dodává, „ale je jisté, že lidé mezi 40. a 50. rokem věku onemocní mnohem méně často chřipkou než děti, takže jednou z možností je, že dochází k pomalému nárůstu široké škály imunity vůči chřipce.“

Taubenberger, který v roce 1997 izoloval úplný virus pandemie roku 1918, poznamenává, že i sezónní kmeny 20. století, jako například virus H2N2, který se objevil v roce 1957, a pandemický kmen H3N2, který začal obíhat v roce 1968, vznikly na bázi původního viru H1N1, stejně jako virus H1N1 roku 2009. Prakticky vzato, každý kmen lidské chřipky v posledních 90 letech byl příslušníkem generace založené virem z roku 1918.

Tato rodinná pouta pravděpodobně přispívají k relativní mírnosti prá-



MINULÉ VAKCINACE a předchozí infekce příbuznými viry mohou zdůvodňovat mírnost nové prasečí chřipky H1N1.

vě probíhající pandemie. Virům ptačí chřipky nesoucím hemagglutiny H5, H7 nebo H9, široce rozšířeným mezi domestikovanou drůbeží, se ještě nepodařilo pořádně proniknout do lidské populace. Pokud by se jim to podařilo, mohly by vyvolat chřipku tak hroznou, jako byla chřipka vyvolaná virem H1N1 v roce 1918, kdy byl tento virus pro člověka skutečně nový a zabil nejméně 40 milionů lidí po celém světě.

Dlouhotrvající strach z vyplnění katastrofického scénáře vyvolal snahu o plánování pandemií, které se dnes vyplácejí. Mimo jiné vyvolal i vakcinační kampaň v roce 1976, tehdy nazývanou fiaskem kvůli nežádoucím účinkům doprovázejícím hromadné očkování proti pandemii, která nikdy nenastala. I přes všechny ty spory s verzí viru H1N1 se zdá, že teď přináší nečekané ovoce.

Peníze za vajíčka

Rozhodnutí platit ženám za vajíčka pro studium kmenových buněk rozproudilo debatu **KATHERINE HARMON**

LÉTA BYLO PRO BIOETIKY NEPŘEDSTAVITELNÉ, že by žena mohla dostat zapláceno za vajíčka, která by pak byla použita při výzkumu kmenových buněk. Ale v červnu minulého roku stát New York rozhodl, že takovou věc povolí, a stal se tak prvním státem, který připouští využití veřejných peněz tímto způsobem. Rozhodnutí, které připouští úhradu až 10 000 dolarů, pravděpodobně podpoří dárcovství – a tím i výzkum. Mnozí bioetici se však obávají, že tato finanční pobídka by mohla vést ke zneužívání žen a k ohrožení jejich zdraví.

Darování vajíčka provázají etické problémy, protože celý proces není bez rizika. Vyžaduje řadu hormonálních stimulačních injekcí a také invazivní postup při získávání vajíček. Dlouhodobé účinky na zdraví a rizika komplikací nejsou dobře známy. Žena, která poskytuje vajíčka na výzkum, „na sebe bere neznámé riziko s nejasným přínosem“ říká Debra Mathewsová, dětská lékařka na Univerzitě Johnse Hopkinse. Dlouhotrvající neznámo přimělo Národní akademii věd, aby v roce 2005 vydala nezávaznou směrnici, která zakazovala platby (ale umožňovala přímou úhradu nákladů), jako prostředek ochrany žen zejména ze sociálně slabých vrstev.

Různé výzkumné týmy dodržovaly tyto směrnice a pokoušely se přemluvit ženy, aby nezištně darovaly svá vajíčka. Tento přístup založený na altruismu se však nesetkal s odezvou. Místo toho vědci spolehnuli spíše na vajíčka, která zůstávala po procedurách oplodnění in vitro. Tyto dodávky z druhé ruky však nebyly dostatečné, a navíc existovaly pochybnosti o kvalitě takových vajíček. Mnohá z nich nebyla použita pro implantaci, protože nebyla dostatečně kvalitní. Skladování a přeprava mohou být také problematické; jak Mathewsová vysvětluje, „Ještě nejsme příliš dobří ve zmrazování a rozmrazování vajíček.“

Nedostatek kvalitních vajíček, společně s 11letou, 600milionovou směrnici zákonodárského orgánu státu New York pro další výzkum kmenových buněk, přesvědčil komisi státu New York pro kmenové buňky, aby připustila platby ženám za dárcovství vajíček. Tato komise řídí státem dotovaný výzkum kmenových buněk a je zodpovědná za dohled nad granty na související výzkum.

Zastánci rozhodnutí komise poznamenávají, že platba za podobné služby není nic nového. „Stále platíme lidem za to, že se zúčastní výzkumu, který pro ně není žádným přínosem a který představuje riziko, a věříme, že tito lidé jsou schopní se rozhodnout sami za sebe,“ říká Mathewsová, která je také členkou Bermanova institutu pro bioetiku Univerzity Johnse Hopkinse. Jiní bioetici, včetně Insoo Hyuna z lékařské fakulty Case Western Reserve University, sdílejí tento postoj. V roce 2006 napsal Hyun komentář do časopisu *Nature*, ve kterém argumentoval, že stejně jako v případech jiných osob dobrovolně se účastnících výzkumu, i ženám by mělo být hrazeno darování vajíček pro studium kmenových buněk. (*Scientific American* je součástí vydavatelské skupiny *Nature*.) Navíc, na darování pro výzkum není třeba pohlížet jako na něco odlišného od darování při problémech s plodností, připomíná Ronald Green, ředitel Institutu etiky na Dartmouth College. „V určitém slova smyslu je neplodnost nemoc, takže ženy pomáhají [druhým] ženám překonávat nemoc,“ stejně jako by mohly pomáhat při hledání léčby na další choroby.

Oponenti se obávají, že nabídka velkých peněžních částek za dárcovství vajíček by mohla být dobrou nabídkou, kterou by si některé ženy ne nechaly ujít—zejména takové ženy, které by nevyhovely požadavkům dárcovství pro případy neplodnosti, kdy se zkoumají intelektuální a fy-

zické vlastnosti. Finanční pobídka by také mohla vést k tomu, že by některé ženy darovaly příliš často, poznamenává Green. Říká, že některé „mnohonásobné dárcyně vajíček“ je darovaly více než dvacetkrát, a tím riskovaly své vlastní zdraví a reprodukční schopnosti. Doporučuje, aby v nějakém národním registru bylo sledováno dárcovství, aby bylo zaručeno, že ženy nebudou darovat více než několikrát.

Posun k platbám za vajíčka určená pro výzkum možná také odráží měnící se zvyky. V roce 1978 rozproudilo narození Louise Brownové, prvního dítěte na světě počatého pomocí umělého oplodnění, velkou debatu o kontrole nad embryi, o reprodukčních právech žen a neblahých vztazích *Statečného nového světa*. Od té doby jsou děti ze zkusavky celkem běžné a od roku 1978 se jich narodilo více než tři miliony po celém světě. Dnes tento postup nevyvolává u bioetiků žádné velké lomení rukama, pokud není používán pro výběr a hledání embrya s určitými vlastnostmi – a to dokonce i přes mohutnou finanční odměnu pro dárcyně.

Tato debata by mohla nakonec být zbytečná, protože vědci dělají skutečně přesvědčivé pokroky při studiu indukovaných pluripotentních buněk, které, jak se zdá, mají všechny vlastnosti embryonálních kmenových buněk, ale které jsou vytvořeny z buněk dospělých. Ale jak Mathewsová tak Green připouštějí, že vytvoření funkčního vejce z pokožky nebo z jiných buněk je ještě stále vzdálené. „Věda obvykle postupuje poměrně pomalu a po malých krůčcích,“ říká Mathewsová. „Je vždy obtížné předvídat, ale pokud bychom mohli předvídat, nebyla by to věda.“

NA PRODEJ: Buňky lidských vajíček



Stále tepleji než kdykoliv dříve

Nová analýza vytvořila lepší „hokejový graf“ stoupající teploty **DAVID APPELL**

„HOKEJKOVÝ“ GRAF JE ZÁKLADNÍM PILÍŘEM i cílem debaty o klimatických změnách. Jako nákras průměrných teplot na severní polokouli za poslední dva tisíce let zůstává relativně vodorovný až do 20. století, kdy velmi rychle stoupá podobně jako čepel nahoru otočené hokejky. Lidé zpochybnující oteplování dlouho kritizovali způsob, jakým byly tyto teploty odvozeny, ale nová rekonstrukce posledních 600 let, která používá jinou metodu, došla k podobným výsledkům, a mohla by tedy pomoci odstranit přetrvávající pochybnosti.

Hokejkový graf spatřil světlo světa v roce 1998 díky práci Michaela Manna, nyní působícího na Pennsylvánské státní univerzitě, a jeho kolegů (a mnoha dalších klimatologů, kteří následně graf zpřesnili). Rekonstrukce historických teplot je obtížná: výzkumníci musí zkombinovat informace z letokruhů, korálů, borových šišek, vzorků ledu a jiných přírodních záznamů a potom je převést na teplotu, která panovala v určitou dobu na určitém místě v minulosti. Takové odvozené údaje o teplotě mohou být skromné nebo nekompletní, a to jak z hlediska geografického, tak z hlediska časového. Mannova metoda využívala překrytí (pokud existovalo) nedávných odvozených dat a přístrojových údajů (jako například z teploměrů) pro odhad vztahů mezi nimi. Vypočítala dřívější teploty metodou matematické extrapolace [viz „Behind the Hockey Stick,” David Appell, *Insights; Scientific American*, březen 2005].

Martin Tingley z Harvardovy univerzity říká, že jeho přístup „mnohem snadněji zvládá a používá neurčitost“ — tedy je schopen vypočítat, jak vlastní omezení dat ovlivňují teplotu vypočítanou pro jakýkoliv daný čas. Tuto metodu lze snadno přizpůsobit tak, aby odpověděla na jiné otázky klimatologie, jako například otázky týkající se srážek a období sucha. Metoda dokonce dokáže vydávat předpovědi do budoucnosti na základě nárůstu množství oxidu uhličitého v atmosféře. Tingley sepsal svoji studii spolu se svým ve-

doucím práce Peterem Huybersem a zaslal ji ke zveřejnění v časopise *Journal of Climate*.

Nová metoda Tingleyho a Huyberse, kterou Mann popisuje jako „slibnou“, vychází z předpokladu, že je možné „svázat“ blízká odvozená data buďto s daty z blízkých míst nebo s daty ze stejného místa získanými o několik let dříve nebo později. Například se zdá, že mezi teplotami na sousedních místech, jak byly naměřeny v posledním století, je určitý vztah, který klesá přibližně exponenciálně s „polovzdáleností“ (je to podobná koncepce jako koncepce poločasů) přibližně 4 000 kilometrů.

Tingley předpokládá, že existuje jednoduchý, lineární vztah mezi hodnotami odvozených dat a skutečnou teplotou. Tento vztah se pak určuje z odvozených dat a (pokud existují) přístrojových dat pomocí metody zvané Bayesova statistika. Huybers vysvětluje, že pomocí Bayesova popisu „se pokoušíme odhadnout, jak pravděpodobně byly určité teploty v minulosti, a to na základě souboru pro nás dostupných pozorování.“

Velká část výpočtů je však velmi skličující, protože zahrnují náročnou maticovou algebru. Zadají se počáteční hodnoty pro odvozená data a teploty (tam, kde mají známé překrytí) a metoda pracuje pozpátku v čase, aby vyladila vztahy v jiných časech. Pro určení minulých teplot musel Tingley obvykle zpracovat přibližně milion matic, přičemž každá z nich se skládala z 1 296 sloupců a 1 296 řad.



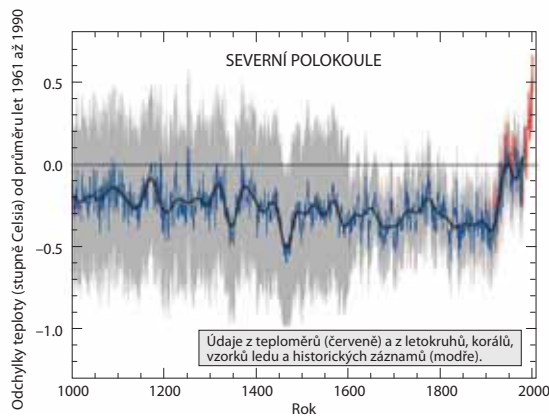
GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ: „Hokejkový“ graf kolísání teploty, někdy odvozený z přírodních záznamů, jako například z letokruhů (výše), znázorňuje špičku oteplování v 20. století.

Nejprve se Tingley soustředil na odvozená data za posledních 600 let pro území mezi 45. a 85. stupněm severní šířky. Jeho počáteční výsledky, které představil na konferenci počátkem tohoto roku, ukazují, že 90. léta 20. století byla nejteplejším desetiletím daného období a že rok 1995 byl nejteplejším rokem. (Rok 1998, rok El Niña, byl nejteplejším rokem pro Severní Ameriku, ale ne pro severní Eurasii.) Také zjistil, že ve 20. století byla největší rychlost oteplování ze všech století a že 17. století mělo celkově největší počet změn (a větších než v předchozích rekonstrukcích), i když směrem k ochlazení díky takzvané Malé době ledové.

Kvantitativně Tingleyho výsledky připomínají stejný základní hokejkový tvar jako předchozí rekonstrukce, jen vykazují větší variabilitu v minulosti. Důležitější možná je, že jeho analýza naznačuje, že podobné zpracování všech dostupných odvozených dat ze severní polokoule za poslední dvě tisíciletí by vedlo ke statisticky lepšímu výsledku ve tvaru hokejky.

Tingley, nyní postgraduální student na Institutu statistické a aplikované matematiky v Research Triangle Park, N.C., plánuje rozšířit svoji metodu a prozkoumat historii období sucha na jihozápadě USA, a také teploty na více místech a ve více časových obdobích.

David Appell pochází ze St. Helens, Oregon, píše často o záležitostech klimatu.



Pohřbíme klimatickou změnu?

Začíná úsilí o odlučování oxidu uhličitého z odpadního plynu elektráren. **DAVID BIELLO**

V NÁSLEDUJÍCÍCH PĚTI LETECH bude do hlubin skalnatého podloží elektrárny Mountaineer poblíž New Heaven v Západní Virginii vpraveno nejméně půl miliónu tun oxidu uhličitého. Ačkoli to představuje méně než 0,00001 % světových emisí skleníkového plynu a méně než dvě procenta rostlinné produkce CO₂, znamená odlučování, která začalo v září, první komerční ukázkou zatím jediné dostupné technické nápravy uhlíkových problémů s tepelnými elektrárnami – možnost, kterou by ráda převzala i jiná zařízení na uhlí po celém světě.

Uhlí vděčíme za zhruba 50 procent elektřiny vyráběné ve Spojených státech a za více než 75 procent elektřiny, kterou produkuje společnost American Electric Power, říká Nick Akins, výkonný viceprezident pro výrobu v podobce, která vlastní Mountaineer. Elektrárna může dodávat 1300 megawattů elektřiny, což z ní dělá jednu z největších tepelných elektráren v USA a řadí ji k hlavním zdrojům emisí oxidu uhličitého. (Hlavní producenti znečištění, které stojí za globálním oteplováním – Čína a USA – ročně spalují téměř čtyři miliardy tun špinavé černé horniny.)

V důsledku toho označuje každý od uhelných společností po ekologické skupiny zachycování a ukládání uhlíku (CCS) za klíčové důležité pro významné a rychlé omezení uhlíkových plynů. Dosud však byla předvedena jen hrstka ukázek technologií k zachycování plynu a, kromě využívání CO₂ k čerpání většího množství ropy ze země, dokonce ještě méně pokusů o jeho ukládání.

K zachycování CO₂ z továrních komínů využije Mountaineer tak zvanou chlazenou amoniakovou technologii, která spočívá ve využívání uhlíkatu amonného k vytěsňování CO₂ z odpadních plynů. (Další dvě technologie zachycování buď spalují uhlí v čistém kyslíku, aby vytvořily proud emisí bohatý na CO₂, nebo odšávají CO₂ vytvořený během zplyňování uhlí.)

Mountaineer bere zachycený CO₂ a zkapalňuje ho při tlaku nejméně 2000 liber na čtvereční palec čerpá ho 8000 stop hluboko pod zem. V této hloubce proudí kapalný CO₂ porézními horninami a dostává se do malých spár,

postupem času se dále šíří, až nakonec s horninou nebo slanou vodou chemicky reaguje. Nevstupujeme do podzemní řeky ani solné jeskyně.

Využíváme mikroskopické dírký,“ vysvětluje geoložka Susan Hovorka z Texaské univerzity v Austinu, když mluví obecně o zachycování a ukládání uhlíku. „Dohromady tvoří velký objem.“ Ministerstvo energetiky odhaduje, že USA celkově disponují podzemím geologickým prostorem pro 3,9 biliónu tun CO₂, což je více než dostatečné při 3,2 miliardách tun, které každý rok emitují velké průmyslové zdroje.

Dvěma geologickými formacemi pod Mountaineer jsou Rose Run Sandstone a Copper Ridge Dolomite, které skrývají podzemní vrstvy poměrně nepropustné horniny, která udrží zachycený CO₂. „Části našeho projektu je analyzovat tyto vrstvy a zjistit, jakým způsobem přijímají CO₂,“ říká Gary Spitznogle, manažer pro zachycování a ukládání uhlíku společnosti American Electric Power. Podobné úsilí v Ohiu prozradilo, že tamní formace ukládaly méně CO₂, než se očekávalo. Společnost bude sledovat CO₂ prostřednictvím speciálně vyvrtaných studní, které přibudou k dvěma studním určeným k prvotnímu čerpání CO₂ dolů.

Proces zachycování a ukládání oxidu uhličitého může být po chemické a geologické stránce jednoduchý, ale v průmyslu znamená významné náklady. Samotná společnost American Electric Power zaplatí 73 milionů dolarů jen za zachycovací technologii v Mountaineer a požádala o federální pobídku 334 milionů dolarů, což podle společnosti činí asi polovinu nákladů k navýšení projektu a zachytávání asi 20 procent emisí elektrárny v budoucích letech.

Nehledě na vysokou cenu zachycování a ukládání CO₂ není projekt Mountaineer osamoceny. Ve Spojených státech společnosti plánují stavbu mnohamiliardových elektráren, které budou zahrnovat zachycování a ukládání uhlíku. V roce 2011 by mohla Alabama Power překonat Mountaineer a ukládat 150 ti-



UHLÍKOVÁ ZÁCHYTŇNÁ JEDNOTKA v elektrárně Mountaineer poblíž New Haven v Západní Virginii používá chlazené amoniakové pračky k získávání oxidu uhličitého ze spalování uhlí pro následné uložení v podzemí.

síc tun CO₂ ze své elektrárny Barry v Citronelle Oil Field. V zahraničí má Čína několik testovacích zařízení a na Islandu bude mezinárodní konsorcium výzkumníků čerpat CO₂ do podložního čediče, kde bude reagovat a tvořit uhlíkatanový minerál.

Ale i když je CO₂ navždy uzavřen v hornině, další ekologické problémy s uhlím zůstávají. Technologie nedělá nic, aby například napravila důsledky těžby uhlí, zvláště odstranění vrcholku hor nebo poletující toxický zbytkový popel. Navíc, ačkoli Agentura pro ochranu životního prostředí začala jasněji formulovat pravidla pro regulaci vstřikování CO₂, není stále jasné, kdo vlastní zdroje ukryté v průduchu, a kdo ponese zodpovědnost v případě nehody, například při úniku mohutného gejzíru plynu.

Při rýsujících se pravidlech pro emise se však v podnicích předpokládá instalace zařízení na zachycování a ukládání CO₂ v nejbližších několika desetiletích. „První kroky bychom mohli udělat okolo roku 2015, a v roce 2025 bychom mohli mít už hezký počet zařízení instalovaných na velkých elektrárnách,“ říká Spitznogle. To znamená jedno: vyšší ceny elektřiny.

V květnu 2007 americké ministerstvo energetiky odhadovalo, že při zachycování 90 procent CO₂ v amoniakových pračkách by elektřina vycházela na více než 114 dolarů za megawatthodinu, oproti 63 dolarům za megawatthodinu bez zachytávání uhlíku. Pro spotřebitele se dodatečné náklady zvýší asi na 0,04 dolaru za kilowatt hodinu – to je nezbytná cena za méně oteplovacího plynu v atmosféře.

Lehce pozbyl, lehce nabyl

To, co naruší kvantové zapletení, ho také může obnovit **GEORGE MUSSER**

NEBYLO BY TO KRÁSNÉ BÝT ELEKTRONEM? Pak byste i vy mohli využívat výhod zázraků kvantové mechaniky, například byste mohli být na dvou místech současně – což by určitě byl velmi šikovný způsob, jak se vypořádat s protichůdnými nároky moderního života. Bohužel, fyzici dlouho kazili tuto fantazii tvrzením, že kvantová mechanika platí pouze pro mikroskopické objekty.

Ale to je jen mýtus. Moderní pohled, který si získal pozornost v minulém desetiletí, říká, že kvantové jevy v každodenním životě nevidíte ne proto, že jste příliš velcí sami o sobě, ale proto, že jsou tyto jevy zakamuflované svojí vlastní složitostí. Jsou tu, pokud víte, jak se na ně máte dívat, a fyzici si uvědomují, že se projevují v makroskopickém světě více, než si dosud mysleli. „Standardní argumenty mohou být příliš pesimistické, pokud jde o přežívání kvantových jevů,” říká fyzik, laureát Nobelovy ceny Anthony Leggett z Illinoiské univerzity.

Při nejtýpictějším takovém jevu, zvaném zapletení, mezi sebou dva elektrony navážou určitý druh telepatického spojení, které přesahuje prostor a čas. To dělají nejen elektrony: vy si také zachováte kvantové vazby s těmi, které milujete. Vazby, které přetrvávají bez ohledu na to, jak daleko od sebe můžete být. Pokud vám to zní beznadějně romanticky, odvrácenou stranou je, že částice jsou nevyhléditelně promiskuitní a spojují se s každou jinou částicí, kterou potkají. Takže i vy si uchováte kvantovou vazbu s každým pobudou, který do vás kdy na ulici vrazil, a s každou molekulou vzduchu, která kdy zavádila o vaši tvář. Vazeb, které chcete, je mnohem méně než těch, které nechcete. Zapletení tedy brání zapletení, což je proces zvaný dekoherence.

Abyste fyzici zachovali zapletení pro použití například v kvantových počítačích, používají stejnou taktiku jako rodiče snažící se kontrolovat milostný život svého -náci-

letého potomka. Jde například o izolování částice od jejího prostředí nebo sledování částice a rušení všech jejích nežádoucích zapletení. A obvykle jsou fyzikové přibližně stejně neúspěšní jako rodiče. Ale když nemůžeme prostředí porazit, proč bychom ho nemohli využít? „Prostředí může působit pozitivněji,” říká fyzik Vlatko Vedral z Národní univerzity v Singapuru a Oxfordské univerzity.

Jeden přístup navrhli Jianming Cai a Hans J. Briegel z Institutu pro kvantovou optiku a kvantové informace v rakouském Innsbrucku a Sandu Popescu z Bristolské univerzity v Anglii. Předpokládejme, že máme molekulu ve tvaru písmene V, kterou můžeme otevřít a zavřít jako pinzetu. Když se molekula zavře, dva elektrony na špičce pinzety se do sebe zapletou. Pokud je tam jen necháte, elektrony se nakonec rozpojí, protože jsou bombardovány částicemi z prostředí, a nebude existovat žádný způsob, jak toto zapletení obnovit.

Odpovědí je molekulu otevřít a, což se může zdát proti zdravému rozumu, nechat elektrony ještě více vystavené působení prostředí. V této pozici vrací dekoherence elektrony zpět do výchozího stavu s nejnižší energií. Potom můžete zavřít molekulu znovu a znovu obnovit zapletení. Pokud ji otevřete a zavřete dostatečně rychle, je to, jako by zapletení nebylo nikdy přerušeno. Tým toto nazývá „dynamickým zapletením” na rozdíl od statického typu, který přetrvává tak dlouho, jak dlouho jste schopni izolovat systém od bombardování. Navzdory oscilaci vědci říkají, že dynamické zapletení je schopné dělat vše, co statický druh.

Při jiném přístupu se používá skupina částic, která se kolektivně chová jako jedna částice. Vzhledem k vnitřní dynamice skupiny může skupina mít více výchozích nebo rovnovážných stavů, které odpovídají různým, ale podobným energetickým uspořádáním. Kvantový počítač by mohl ukládat data v těchto rovnovážných stavech

spíše než v jednotlivých částicích. Tento přístup, poprvé navržený před deseti lety Alexejem Kitajevem, tehdy působícím na Landauově institutu pro teoretickou fyziku v Rusku, je známý jako pasivní korekce chyb, protože nevyžaduje, aby fyzici aktivně dohlíželi na částice. Pokud se skupina odchýlí od rovnováhy, prostředí udělá svoji práci a zatlačí je zpět. Pouze pokud je teplota dostatečně vysoká, prostředí spíše narušuje, než by stabilizovalo skupinu. „Prostředí jak chyby přidává, tak je odstraňuje” říká Michał Horodecki z Gdaňské univerzity v Polsku.

Účelem je zajistit, aby je odstraňovalo rychleji, než je přidává. Horodecki, Héctor Bombín z Massachusettského technologického institutu se svými kolegy v nedávné době navrhli takové uspořádání, ale z geometrických důvodů by vyžadovalo více rozměrů prostoru. Některé jiné nedávné studie využívají obyčejný prostor; místo toho, aby spoléhali na vyšší geometrii, vedou systém pomocí silových polí, aby naklonili rovnováhu směrem k odstraňování chyb. Ale tyto systémy asi nebudou schopné provádět obecné výpočty.

Tato práce naznačuje, že v rozporu s obvyklou představou může zapletení přetrvávat ve velkých, teplých systémech—včetně živých organismů. „To otvírá dveře k možnosti, že by zapletení mohlo hrát roli v biologických systémech nebo být pro ně zdrojem,” říká Mohan Sarovar z Kalifornské univerzity, Berkeley, který nedávno zjistil, že zapletení by mohlo napomáhat fotosyntéze [viz „Síla chlorofylu,” Michael Moyer; Scientific American České vydání, září 2009]. V molekule citlivé na magnetismus, kterou ptáci používají jako kompas, Vedral, Elizabeth Rieperová, také působící v Singapuru, a jejich kolegové objevili, že elektrony dokážou zůstat zapletené 10 až 100krát déle, než to předpovídají standardní vzorce. Takže, i když se nemůžeme elektrony stát, můžeme jako živé bytosti využívat jejich báječné kvantovosti.

Monopolní postavení

Pozorování oddělených severních a jižních magnetických pólů **JOHN MATSON**

MAGNETY JSOU POZORUHODNÝMI VZORY povahy – každý severní pól je neustále doprovázen vyvažujícím jižním pólem. Rozdělte jeden magnet na dva, dostanete pár magnetů a každý bude mít svůj vlastní sever a jih. Po desetiletí vědci hledali výjimku – tedy monopol, který by byl odpovědí magnetismu na elektron nesoucí elektrický náboj. Byl by to volně plovoucí nosič buďto magnetického severu nebo magnetického jihu – jing oddělený od svého jang.

Dvě výzkumné skupiny – jedna vedená Tomem Fennellem z Laue-Langevinova institutu ve francouzském Grenoblu a druhá vedená Jonathanem Morrisem z Helmholtzova centra pro materiály a energii v Berlíně – nabídl experimentální důkaz, že takové monopóly ve skutečnosti existují, i když ne jako elementární částice podobné elektronům. Spíše existují jako nevázané částice uvnitř takzvaných spinových ledů. Tyto člověkem vytvořené materiály dostaly své jméno na základě své podobnosti s ledem vyrobeným z vody, a to pokud jde o jejich magnetickou povahu. Francouzský tým používal při pokusech titanát holmia a v Německu pracující skupina titanát dysprosia.

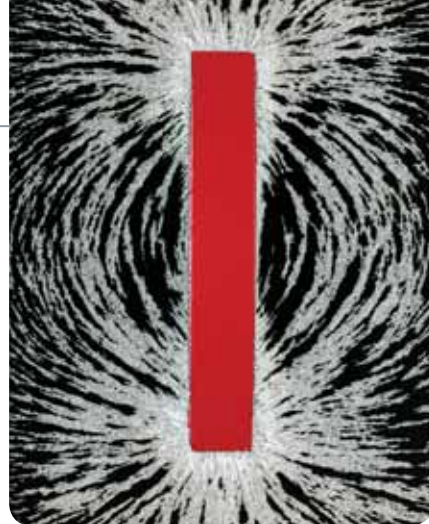
Claudio Castelnovo, fyzik na Oxfordské univerzitě pracující v Morrisově týmu, vysvětluje, že tyto směsi nabízejí zvláštní kombinaci pořádku a svobody, která usnadňuje disociaci pólů. Uvnitř spinových ledů se malinké magnetické částice uspořádají za sebou do „provázků“ – vždy sever k jihu, jako řetězce tyčových magnetů poskládané na stole v různých směrech. Ve

velmi studeném, čistém vzorku tvoří tyto provázky uzavřené smyčky. Ale potom fyzici tento systém lehce nabudí zvýšením teploty. Tento nárůst excituje částice, a vytvoří v těchto řetězcích defekty, jak vysvětluje Castelnovo. V analogii s tyčovými magnety to lze přirovnat k situaci, kdy se jeden z magnetů převrátí a naruší tak původní uspořádání sever-jih.

Na každé straně tohoto defektu pak jsou dva severy na jednom konci a dva jihu na druhém. Tyto koncentrace náboje mohou volně plout podél provázku a chovají se jako – hleďte! – magnetické monopóly. K závěru o jejich existenci došly týmy na základě způsobu, jakým se dopadající neutrony na spinovém ledu rozptylovaly. „Krásou spinového ledu je, že zbývající míra neuspořádanosti v této nízkoteplotní fázi umožňuje, aby tyto dva body byly na sobě navzájem nezávislé, kromě toho, že jsou vzájemně přitahovány z magnetického hlediska, protože jeden je sever a jeden je jih,” podtrhuje Castelnovo. „Ale jinak se mohou volně přemisťovat.”

Samozřejmě, tato metoda syntetizující monopóly nemůže přivést k životu sever, aniž by také vytvořila jih – klíčem je jejich disociace. „Vždy musí přicházet v párech” říká Castelnovo, „ale nemusí být nikde konkrétně ve vztahu jeden k druhému.”

Ale Kimball Milton, fyzik z Univerzity Oklahoma, který recenzoval výsledky hledání monopólu v roce 2006, není přesvědčený. Opravdový magnetický monopol „pro mě zna-



MAGNETICKÝ PIKNIK: Magnety vždy mají severní a jižní pól. Fyzici je dokázali oddělit v neobvyklých materiálech zvaných spinové ledy, kde se jednotlivé póly mohou volně pohybovat.

mená bodovou částicí, a to není tento případ”, říká v těchto studiích Milton. „Jedná se o efektivní excitaci, která na jisté úrovni vypadá jako monopol, ale v podstatě to monopol není.”

Také trvá na tom, že je „naprosto nesprávné” popisovat (jak to vědci obvykle dělají) řetězec magnetismu v rámci spinových ledů jako Diracovu strunu, hypotetický neviditelný provázek s monopólem na konci, jak si ho představoval v 30. letech 20. století anglický fyzik Paul Dirac. Kimball má pocit, že magnetické struny ve spinovém ledu nevyhovují Diracově definici, protože jsou ve skutečnosti pozorovatelné a těžko přenášejí magnetický tok mezi dvěma opačnými takzvanými monopóly. Skutečné monopóly, pokud by existovaly, by byly izolované, a struna by se odvíjela až do nekonečna,” tvrdí.

„Nechci žádným způsobem snižovat význam experimentu nebo celé práce,” říká Milton a poznamenává, že zjištění jsou důležitá ve fyzice kondenzovaných látek. Ale „nejsou důležitá ze základního hlediska.”

AFV AUTOPŮJČOVNA

František Váňa

Papírníková 610

142 00 Praha 4

Tel.: +420 602 493 505

Tel.: +420 602 791 503

e-mail: AFV@seznam.cz

www.afv.cz

VOZY ŠKODA
NONSTOP

Užitek ze splašků

Jak může spláchnutí toalety napomoci k získání fosforu do hnojiva **KATHERINE TWEED**

TŘI MASIVNÍ KOVOVÉ KUŽELY ZASTRČENÉ V OREGONSKÉM ÚDOLÍ WILLAMETTE VALLEY by mohly vyřešit problémy související se ztenčujícími se světovými zásobami fosforu, který je nezbytnou složkou hnojiv nutných pro naše moderní zemědělství. Tyto kužely vyrábějí pelety trvale vysoce kvalitního a pomalu působícího hnojiva, a to z fosforu získaného v čistírně odpadních vod v Durhamu, necelých 10 mil od centra Portlandu. Díky tomu, že vyrábějí přibližně jednu tunu pelet každý den, vyvracejí názor, že taková recyklace nemůže probíhat efektivně. Ostara – firma, která vyrábí reaktory a prodává pelety jako například Crystal Green – si myslí, že čistírna v Durhamu je jedním ze stovek zařízení, která by mohla tuto technologii využívat.

Lidé vylučují přibližně 3,3 miliónu tun fosforu ročně. Nejenže tak dochází ke ztrátě hnojiva; fosfor navíc v kanalizačních splašcích obvykle obtěžuje, protože aktivuje vodní květ, který pak vyčerpává kyslík z místních vodních zdrojů. V některých čistírnách odpadních vod se tento prvek také může vázat s čpavkem a hořčíkem a vytvoří minerál zvaný struvit, který sice zadržuje fosfor, aby se nedostal do vodních toků, ale také ucpává potrubí v zařízeních. Poznání, že levné zásoby fosforu v příštích desetiletích budou stále vzácnější, vedlo k tomu, že některé státy začaly uvažovat o ošetření. Švédsko si stanovilo, že do roku 2015 bude 60 procent fosfátů recyklováno z odpadní vody. V roce 2008 Čína uvalila na fosfáty 135procentní vývozní daň.

Tyto tlaky způsobily, že se struvit stal horkým tématem v okruhu lidí zabývajících se odpadními vodami. Japonsko recykluje struvit asi deset let, ale nákladová efektivita i kvalita pelet kolísají – jak uvádí Don Mavinic, profesor stavebního inženýrství na Univerzitě Britské Kolumbie (U.B.C.) a spoluvynálezce technologie používané ve firmě Ostara. „Vždycky byl problém se zachycováním struvitu,” říká Mavinic. „Chtěl jsem postavit lepší past.”

Pro zachycení fosfátů a dusíku se v mnoha čistírnách odpadních vod používají bakterie, které se usadí poté, co přijmou živiny, a které jsou nakonec odstraněny s kalem. Ale umírající bakterie se rozpadnou a uvolní se z nich malé množství fosfátů zpět do odpadní vody, což může vést ke vzniku struvitu.

Mavinic se začal zabývat záležitostmi struvitu kvůli problémům zařízení s údržbou, ale celé úsilí odstartovala snaha nalézt lokální zdroj živin. „Myší past” sestavená U.B.C. čerpá ošetřenou odpadní vodu a chlorid hořečnatý do 7 metrů vysokého reaktoru, kde kuželovitý tvar vytváří v podstatě turbulentní bouřkový mrak, ve kterém se zmitají částice, dokud nevytvoří pelety. Mavinic nyní celý systém doladuje, aby se velikost reaktorů mohla přizpůsobit výrobě určitého typu pelet pro místní průmysl.

V Oregonu přichází zájem zejména ze zahradnictví, kde farmáři tradičně kupovali polymerem potažené pomalu působící hnojivo. Wilco, farmáři vlastněné družstvo působící přibližně 30 mil od zařízení v Durhamu, prodává hnojivo Crystal Green od té doby, co se reaktory v květnu rozběhly. „Mít lokální zdroj vysoce kvalitního, pomalu působícího a dlouhodobě fungujícího hnojiva je skvělá věc,” říká Jeff Freeman, regionální vedoucí od-

bytu družstva Wilco. „Je to něco, co naši zákazníci hledali a výrobek má vynikající vlastnosti.”

Vzhledem k poptávce po takovém hnojivu je očekávaná návratnost investice přibližně pět let. Mark Poling, ředitel pro zpracování odpadních vod čistírny v Durhamu říká, že by to mohlo být i dříve, protože reaktory fungují lépe než se očekávalo.

Společnost zaslala prototypy reaktorů do čistíren odpadních vod v Izraeli, Velké Británii a různých městech v USA. Šanghaj očekává zásilku na podzim. Ale Ostara říká, že předpokládá, že nejprve ovládne americký trh, kde Úřad pro ochranu životního prostředí EPA tlačí na státy, aby silněji regulovaly znečištění živinami, včetně fosfátů v kanalizačních odpadech.

Podle odborníků představuje odpadní voda zralý, ale malý a snadno dostupný zdroj pro recyklaci fosfátů. Obsahuje jen malý zlomek obnovitelného fosfátu a ne ve všech zařízeních vzniká struvit. „Bohužel, fosfor v lidském odpadu tvoří přibližně jen 10 procent” těžné fosfátové horniny, vysvětluje David A. Vaccari, vedoucí stavebního, ekologického a námořního inženýrství na Steversonově technologickém institutu. „I kdybychom dostali 8 procent, stále by to byl jen jeden dílek skládačky. A je to jeden dílek, který musíme vytvořit, ale jen malá část toho, co potřebujeme.”

Navíc přibližně 80 procent vytěžené fosfátové horniny použité při výrobě potravin neskončí ve zkonsumovaných potravinách. Tento prvek se získává z polí a ztrácí se při výrobě potravin. Takže ačkoliv U.B.C. již komercializovala jeden malý kousek trhu, stále pošilhá po větším soustu: po zemědělském odpadu.

Vědci se nyní snaží využít stejný základní reaktor pro zpracování živin z odpadu hovězího skotu a prasat při odstranění methanu. Nejsou sami. Badatelé se zabývají širokou škálou projektů zaměřených na minimalizaci uhlíkové a vodní stopy dobytka: živinová zátěž jedné krávy se rovná zátěži přibližně 25 lidí. „Průmysl odpadních vod z domácností má ohromný potenciál” říká Mavinic, „ale panečku, je to nic v porovnání se zemědělstvím...”

Katherine Tweedová pochází z New Yorku.



ZÁZRAK Z ODPADNÍ VODY: Pomalu působící hnojivo Crystal Green od firmy Ostara obsahuje fosfor získaný ze splašků.