

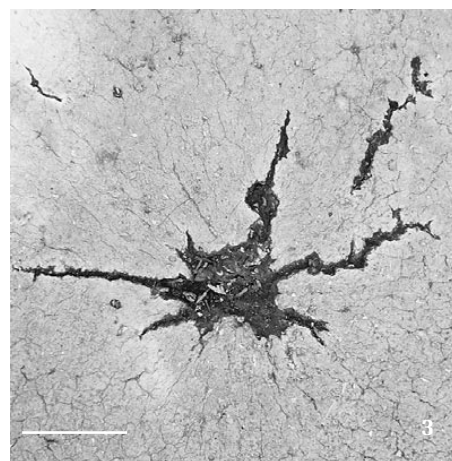
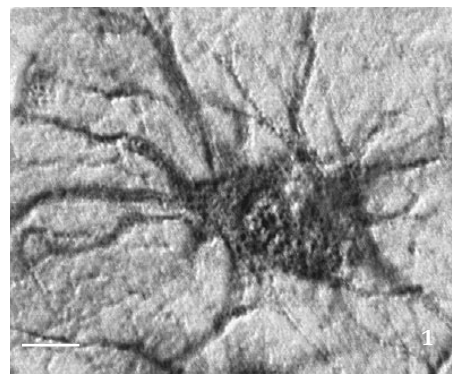
Od ledových hvězd k mozgovým buňkám – profesorovi Purkyněmu k 238. narozeninám

Žádný neurovědec, zvláště neurocytolog, nemůže zůstat v klidu při pohledu na hvězdy, které lze spatřit na hladině zamrzlých rybníků a jezer v době jarního tání. Ledové hvězdy (zvané také jezerní hvězdy) velmi často svým tvarem připomínají buňky nervové tkáně – multipolární neurony míchy a astrocyty mozkové kůry nebo melanocyty. Hladší a méně větvená varianta ledových hvězd nápadně připomíná Purkyňovy buňky mozečku, které svého objevitele proslavily po celém světě. Tvarové analogie elementů mozkových buněk lze nalézt také v prasklinách na starých asfaltových chodnících. Mohou připomínat astrocyty, pyramidové buňky nebo mikrogliové buňky mozkové kůry. Překvapivé jsou formace vytvořené barvou vytlačenu z okraje linorytu válcovým lisem, které věrně napodobují těla a dendrity Purkyňových buněk mozečku a nepochybně o tom, že i pan profesor Purkyně by nad tím obrazem žasl. Kromě podobnosti tvarů v různých prostředích je nápadná i podobnost jejich vzájemného prostorového uspořádání. Mohou se pravidelně řadit vedle sebe podobně jako Purkyňovy buňky a Bergmanovy kandelábové astrocyty v mozečkové kůře nebo pyramidové neurony a jejich apikální dendrity v kůře hipokampu. Horizontální i vertikální orientaci pyramidových buněk hipokampu a Purkyňových buněk připomíná také chroman stříbrný vysrážený na okraji zaschlé kapky roztoč, a dokonce i reliéf vytvořený na čerstvé omítce po odtržení hladítka.

Kromě nadšených obdivovatelů se studiu ledových hvězd věnuje i řada odborníků (Mikuláš 2010 a práce uvedené dále v textu). Fyzikální a matematické studie interpretují proces vzniku ledových hvězd jako výsledek Saffmanova–Taylorova modelu interakce dvou kapalin s různou viskozitou nebo kapaliny s porézním prostředím (pěna, sníh, půda, beton; Nittmann a kol. 1985, Tsai a Wettlaufer 2007). Porézním

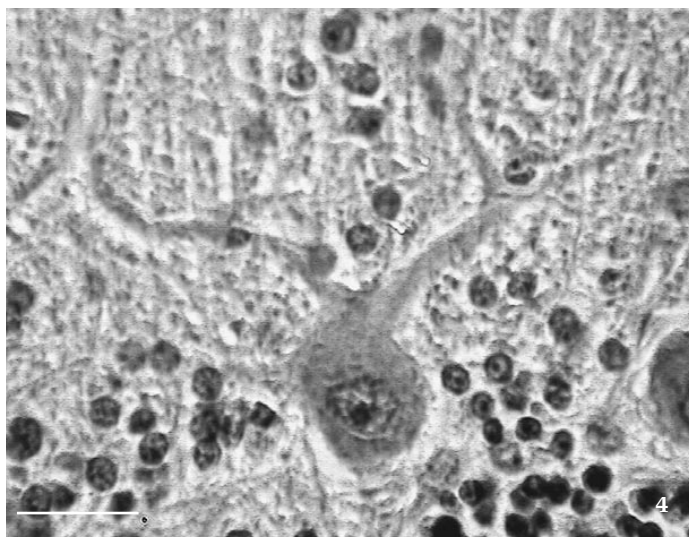
prostředím je také led při teplotě 0 °C. Jeho porozita spolu s vlivem gravitace a kapilarity by mohly být rozhodujícími faktory vytvářejícími fyzikální pole, v němž se formují útvary ve tvaru hvězdic nebo siločar, jak je popsal ve své knize geolog Radek Mikuláš. Výše uvedený Saffmanův–Taylorův model lze experimentálně demonstrovat v Hele-Shawově komoře tvořící úzkou horizontální štěrbinu mezi dvěma deskami (Cvetkovic a Milicev 2024), kdy se do tenké vrstvy vody uvnitř štěrbin vstříkne obarvený viskózní glycerin, nebo naopak. Vstříkovaná kapalina se ve štěrbině nešíří rovnoměrně, ale vytváří rozvětvenou hvězdicovitou formu. Podle výkladu fyziků se hvězdicovitost vytváří na povrchu tajícího ledu rybníka v důsledku interakce mezi vodou vytlačovanou z centrálního otvoru a porézním prostředím sněhové vrstvy pokrývající led. Kromě výše uvedených fyzikálních modelů se u živých i neživých systémů při tvorbě tvarů a větvení pravděpodobně uplatňuje i Turingův matematický model větvení (Maini a kol. 2012). Ledové hvězdy a neurony či astrocyty mohou tedy mít nejen podobný tvar, ale i mechanismus vzniku – kromě chemotaktických, elektrofyziologických a řady mechanických vlivů mohla hrát hypotetickou roli při formování neuronů i astrocytů také interakce mezi vysokou viskozitou expandující buňky a řídkým porézním prostředím mezibuněčné hmoty mezi výběžky okolních buněk. Výsledkem by pak byl hvězdicovitý tvar jako v Hele-Shawově komoře s tím rozdílem, že hvězda by byla trojrozměrná. Výše uvedené obrazy jsou dalším příkladem uplatnění matematicko-fyzikálních principů a fraktální geometrie při formování tvarů a jejich prostorové organizace v neživé i živé přírodě, mozek nevyjímaje (Los a kol. 2014, Di Ieva 2016, Smith a kol. 2021).

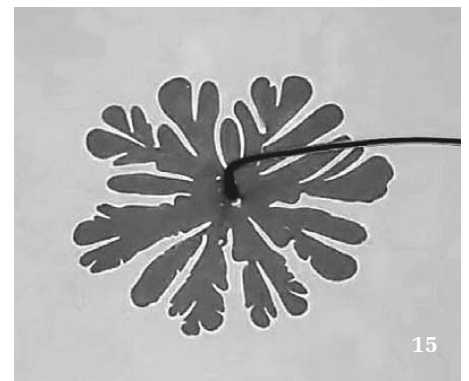
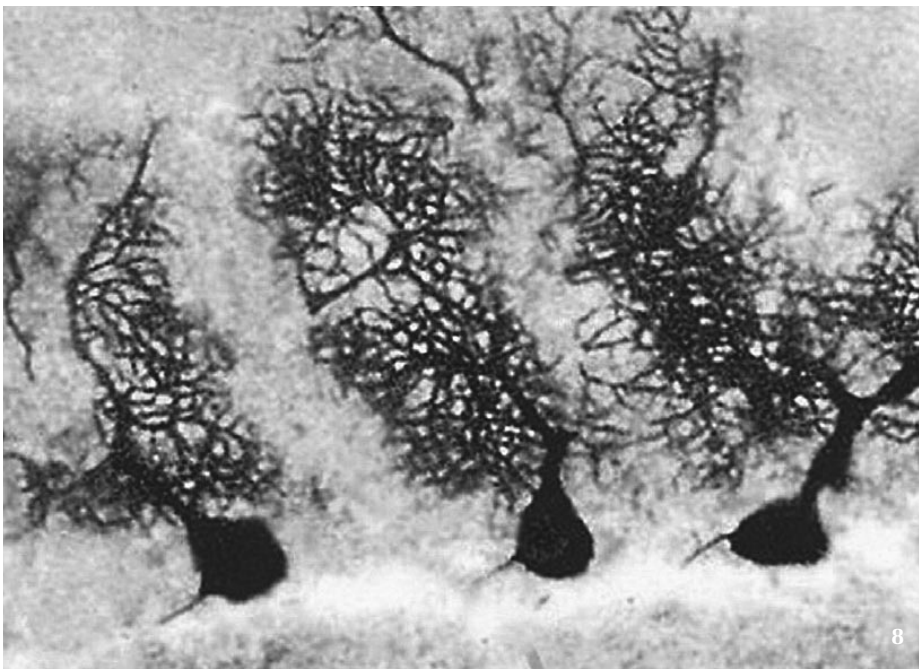
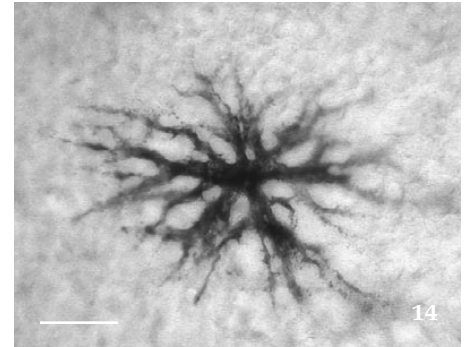
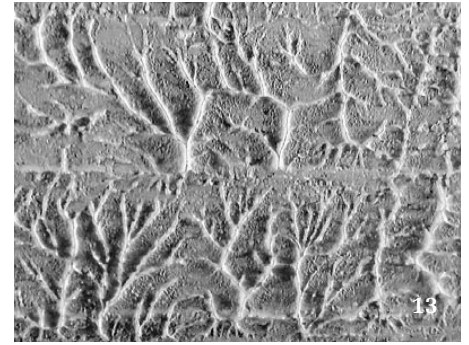
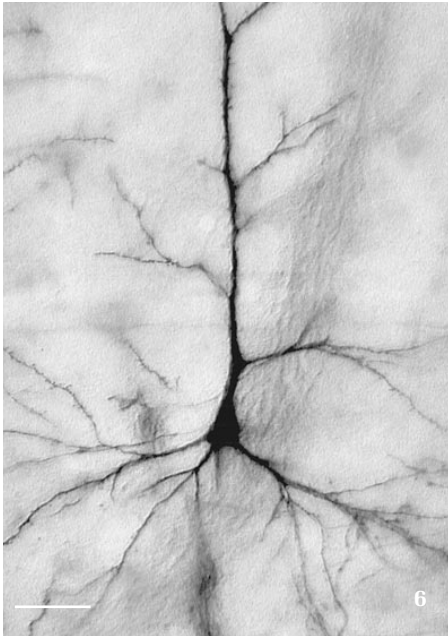
Použitou literaturu a internetové odkazy k obrázkům uvádíme na webu Živý.



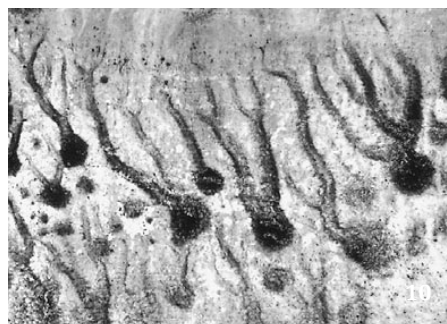
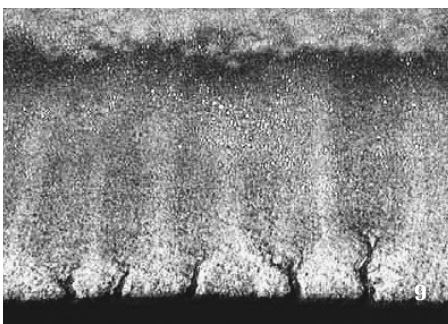
1 až 3 Astrocyt mozkové kůry (obr. 1, impregnace zlatem podle Cajala, měřítko 20 μ m). Ledová hvězda (2, měřítko 20 cm) a asfaltová trhlinka připomínající astrocyt (3, měřítko 3 cm)

4 a 5 Purkyňova buňka mozečku (obr. 4, barvení hematoxylinem a eozinem, měřítko 60 μ m) a „hladká“ forma ledové hvězdy (5, měřítko 20 cm)



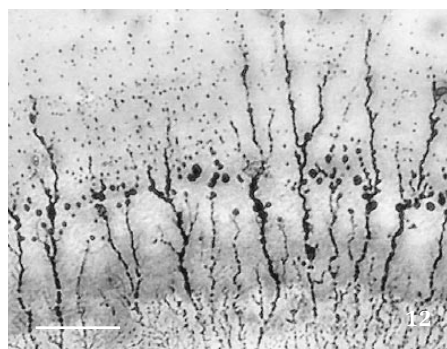
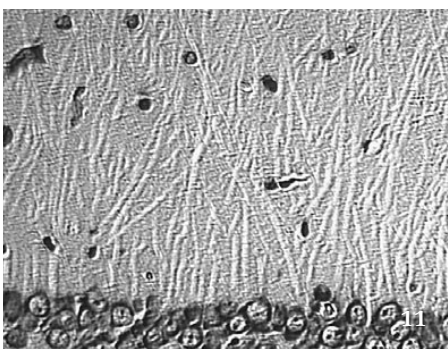


6 až 9 Pyramidová buňka mozkové kůry (obr. 6, impregnace stříbrem podle Golgiho, měřítko 50 μm) a její nápadná podoba s asfaltovou trhlinou (7, měřítko 2 cm), Purkyňovy buňky v mozečku (8, impregnace stříbrem podle Golgiho) a ledové obrazce imitující řadu Purkyňových buněk (9). Foto laskavostí T. F. Fletchera, University of Minnesota, USA (obr. 8) a G. Giesbrechta, University of Manitoba, Kanada (9)



10 Barva vytlačena z okraje linorytu věrně napodobující těla a dendrity Purkyňových buněk

11 a 12 Hipokampální pyramidové buňky s apikálními dendrity (obr. 11, Nisslovo barvení). Chroman stříbrný vysrážený na okraji zaschlé kapky roztoku (12, měřítko 100 μm)



13 Reliéf na čerstvé omítce připomínající řadu Purkyňových buněk
14 a 15 Melanocyt z kůže kapra (obr. 14, měřítko 40 μm) a hvězdicový útvar (15) vzniklý vstříkáváním obarvené vody do viskózního glycerolu v Hele-Shawově komoře (blíže v textu). Foto laskavostí Ch. Kalelkara, Indian Institute of Technology, Kharagpur (obr. 15). Snímky J. Špačka, pokud není uvedeno jinak