Genetika v učebnicích biologie a přírodopisu: historie a současnost

Genetics in Czech Biology Textbooks: History and Current Perspective

Markéta Machová[1]

[1] Pedagogická fakulta UK, Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Česká republika; marketa.machova@student.pedf.cuni.cz

Genetika je ve srovnání s ostatními biologickými obory mladou vědou – její historie se datuje k přelomu 19. a 20. století. Díky tomu je možné poměrně dobře mapovat nejen její rapidní vývoj, ale i její postupné pronikání do přírodovědného vzdělávání. Svědkem tohoto vývoje jsou především tradiční výukové materiály, učebnice přírodopisu a biologie. Vývoj kurikula tohoto oboru byl však odlišný v západních zemích a zemích bývalého „východního bloku“, kde byly tehdejší poznatky genetiky odmítnuty díky vlivu politické ideologie na vzdělávání a vědu. Ačkoli jsou specifika výuky genetiky v českých zemích často akcentována, nebyla zatím provedena hlubší analýza toho, jak moc a jakým způsobem konkrétně byla výuka modifikována, ani jak rychle se podařilo dostat genetiku zpátky v plném rozsahu do kurikula. Z výsledků práce je zřejmé, že ačkoli se již v 80. letech 20. století podařilo úspěšně doplnit moderní poznatky genetiky do učebnic i osnov, stále se i dnes potýkáme s nedostatečností formy, jakou je genetika v učebnicích prezentována. Největší bariérou je hlavně slabá návaznost učiva v rámci ročníků a nedostatečná propojenost jednotlivých poznatků do uceleného a logického celku (především nejasný způsob vzniku znaků organismu procesem genové exprese), který by vhodně navazoval na učivo jiných témat (jako rozmnožování nebo evoluce) a integroval ho do sebe.

Klíčová slova:
genetika, historie, učebnice, sekundární vzdělávání.

Zasláno 6/2020
Revidováno 11/2020
Přijato 12/2020

History of genetics begins at the end of 19th century, which makes it very young science field among other subdisciplines of biology. Therefore, it is possible to analyse both its evolution as a science and its growth as educational content in compulsory education. The main witnesses of this transformation, which are still accessible today, are biology textbooks. Curricular changes relating to genetics unfortunately differed between western and former Eastern Bloc countries due to the ideological impact on both science and education, with the Communist ideology largely undermining the relevance of genetics. On the other hand, the present-day Czech educational system may accentuate the relevance of genetics, yet there has been no broader analysis as to how and to what extent education might have been modified, nor how long it took to re-establish genetics in the curriculum. This work shows that even though the content of genetics was rehabilitated in textbooks and curriculum already in the 1980s, the current presentation of genetics in textbooks is still problematic. Content of textbooks related to genetics lacks coherence and it is scattered throughout several different grades. The information is not sufficiently interconnected with related topics (such as reproduction and evolution) and has not been incorporated into a coherent and logical system that both students and teachers could navigate (mainly due to unclear explanation of formation of characteristics via process of gene expression).

Key words:
genetics, history, textbooks, secondary education.

Received 6/2020
Revised 11/2020
Accepted 12/2020

1 Úvod

Genetika je věda velmi mladá počínající svou historii na začátku 20. století (Sturtevant, 2001). Je jednou z mála vědních disciplín, u které je dnes stále možné dohledat nejen detaily o jejím vzniku, ale i jakým způsobem se postupně integrovala do kurikula na všech stupních vzdělávání. A jedním z mála dobře zachovalých svědectví historie didaktické transformace poznatků genetiky jsou učebnice přírodopisu, potažmo biologie.

Byť učitelé přírodovědných předmětů využívají učebnice v hodinách z hlediska časové dotace v různé míře, čeští učitelé i poměrně málo (Janík et al., 2007; Sikorová & Červenková, 2007), učebnice jsou přítomny ve větší části hodin (Sikorová & Červenková, 2007). Učebnice hrají stále důležitou roli při přípravě na výuku i při výběru konkrétního obsahu učiva a zároveň slouží i jako opora pro žáky při domácí přípravě (Roseman et al., 2010; Sikorová, 2008; Vojíř & Rusek, 2018). Odpovídají také typicky aktuálním požadavkům národního kurikula, ať už jsou tím myšleny současné RVP nebo ještě nedávno původní osnovy. Poměrně dobře tak reprezentují rozsah a typ učiva své doby a odráží i politickou situaci (Castéra et al., 2008).

Z obou těchto hledisek je učivo genetiky v učebnicích zajímavé. Rozvoj genetiky byl rapidní a zásadní nové poznatky přicházely každé desetiletí od vzniku této vědy. Učební materiály a kurikulum se tomuto

rozvoji musely pružně přizpůsobovat. Do této situace však v českých zemích výrazně zasáhla změna politického režimu po konci 2. světové války, která ovlivnila vzdělávací politiku ve všech zemích bývalého „východního bloku“ (Kolchinsky et al., 2017; Podroužek, 2011). Následkem socialistické revoluce byly kromě jiného i snahy genetiku eliminovat jako vědu i učivo (Kolchinsky et al., 2017).

V současnosti je genetika plnohodnotnou součástí národního kurikula (NÚV, 2017; VÚP, 2007). Z četných výzkumů v zahraničí i v ČR ale vyplývá, že učivo genetiky není pro žáky jen subjektivně obtížné, ale mají zásadní problémy s jeho hlubším pochopením a osvojují si tak představy o termínech i procesech spojených s genetikou, které neodrážejí současné vědecké poznání, tzv. miskoncepce (Freidenreich et al., 2011; Lewis & Kattmann, 2004; Machová, 2019; Vlčková et al., 2016). Objevují se již u žáků základních škol (Duncan & Reiser, 2007; Machová, 2019), ale detekovatelné jsou na všech stupních vyššího vzdělávání včetně VŠ (Machová & Ehler, 2019; Saka et al., 2006). Ověřování výsledků vzdělávání také ukazuje, že od druhého stupně základní školy vykazují žáci (a později i studenti) kromě mnoha mylných představ i tendenci k popisnému výkladu dědičnosti – byť jsou schopni popsat spojitost DNA se znaky organismu, princip proteosyntézy jako vzniku znaku již zvládne vysvětlit jen minimum z nich (Marbach-Ad, 2001).

V současné podobě výuky genetiky vidí výrazné překážky i učitelé – nejčastěji zmiňují abstraktnost tématu, jeho složitost z hlediska úrovní biologické organizace a množství nových pojmů (Duncan & Reiser, 2007; Knippels et al., 2005). Ze zahraničních výzkumů vyplývá, že na vině je i špatná časová souslednost nebo obsah kurikulárních dokumentů (Knippels et al., 2005; Osman et al., 2017) a také učebnice, které mají učitelé tendenci následovat (Knippels et al., 2005; Martínez Aznar & Ibáñez Orcajo, 2005). Přičemž v učebnicích se objevuje jak slabá návaznost jednotlivých částí učiva (Knippels et al., 2005; Martínez-Gracia et al., 2006; Thörne & Gericke, 2014), tak i různá míra zavádějící a deterministické prezentace učiva (Aivelo & Uitto, 2015; Albuquerque et al., 2008; dos Santos et al., 2012; Martínez-Gracia et al., 2006). Zda se tento problém týká i ČR, a může tak potenciálně ovlivňovat pochopení učiva, však zatím není zcela jasné.

Historie i současnost genetiky ve vzdělávání je tedy velmi pestrá. Poznatky genetiky přicházely během minulého století jako rychlý sled rozličných střípků, které bylo třeba postupně složit do jednoho celku. Teorie dědičnosti se rapidně aktualizovala a proměňovala, do výuky genetiky v zemích východního bloku negativně zasáhla i socialistická revoluce, po které se genetika musela rehabilitovat jak na vědeckých pracovištích, tak ve výuce základního a středního vzdělávání i přípravě učitelů (Kolchinsky et al., 2017; Matalová & Sekerák, 2004). Ani v současné době však nejsou výsledky vzdělávání z hlediska těchto poznatků žádoucí (Machová & Ehler, 2019) a kurikulární dokumenty i výukové materiály vykazují nedostatky (Janštová & Jáč, 2015; Machová, 2017).

Z toho všeho pak vyplývají následující otázky:

- Kdy se učivo genetiky dostalo do vzdělávání, resp. učebnic?
- Jak rozsah a formu obsahu učiva genetiky v učebnicích poznamenala socialistická revoluce a její snaha o popírání genetických poznatků?
- Kdy se obraz genetiky v učebnicích rehabilitoval?
- Jaký je obsah a aktuálnost učiva genetiky v současných učebnicích?
- Jaký vliv mají učebnice přírodopisu (resp. biologie) na současné problémy ve výuce genetiky?

2 Stručný přehled vývoje genetiky

Před samotným zhodnocením obsahu učebnic je však nutné připojit stručnou historii vzniku genetiky jako vědy. V učebnicích se dozvíme, že zakladatelem genetiky je augustiniánský mnich působící v Brně jménem Johann Gregor Mendel[1], který se zabýval pěstováním hrachu v klášterní zahradě (Pauk et al., 1980). Historie je však trochu složitější.

S křížením organismů a vznikem hybridů se výrazněji experimentovalo již od druhé poloviny 18. století (Sturtevant, 2001). Mendel tak o desítky let později navazoval na již rozvinutý obor, který byl i v druhé polovině 19. století tak populární, že se jím zabýval i Charles Darwin (Sturtevant, 2001).

Během 19. století se také úspěšně rozvíjela cytologie – věda o buňce. Díky ní byla již v roce 1869 popsána existence DNA, tenkrát nazývané „nuclein“ (Miescher, 1871). Pozornost vědy se začala upínat k zásadní roli buněčného jádra při rozmnožování a formování organismu (Sturtevant, 2001). Následovalo odhalení chemického složení DNA a během 80. let 19. století i objev chromatinu a chromozomů (Portin, 2014).

[1] V literatuře je možné setkat se jak se zápisem Johann Gregor, tak i Gregor Johann – po svém odchodu do kláštera přijal Mendel mnišské jméno Gregor, které později užíval přednostně (Orel, 2003).

V roce 1866 vyšly výsledky Mendelovy dlouholeté práce s křížením hrachu setého v díle *Versuche über Pflanzenhybriden* (Mendel, 1866). Cílem bylo najít pravidla, podle kterých vznikají hybridi během pohlavního rozmnožování, explicitně o dědičnosti se však ve své práci Mendel nijak nezmiňoval (Moore, 2001; Schwarzbach et al., 2014). Popisoval pouze hypotézy přenosu znaků mezi generacemi na základě provedených experimentů a ty nebyly označeny pozdějším termínem „zákony“ (Fairbanks & Rytting, 2001; Monaghan & Corcos, 1984).

Mendelova práce nezapadla do kontextu doby, dostala se však do evropských knihoven a byla citována v mnoha dílech, ale nebyl plně doceněn její význam (Moore, 2001; Schwarzbach et al., 2014). Mezi dalšími podobnými díly vynikala svou metodikou: vhodný výběr rostliny i sledovaných znaků, četná opakování experimentů s přítomností kontroly a hlavně důkladné matematické zhodnocení nasbíraných dat, což byl v té době nezvyklý až revoluční přístup (Dastur & Tank, 2010; Schwarzbach et al., 2014). V roce 1900 přišlo znovuobjevení Mendelova díla nezávisle na sobě třemi botaniky: Nizozemcem Hugo de Vriesem, Němcem Carl Corrensem a Rakušanem Erich von Tschermakem (Gayon, 2016). Největší osobností u zrodu genetiky a propagace mendelismu byl William Bateson, roku 1902 napsal rozsáhlou obhajobu Mendelovy práce (Gayon, 2016) a mezi lety 1902 a 1910 se svou výzkumnou skupinou v Cambridge zopakoval Mendelovy pokusy na rostlinách i živočiších (Richmond, 2001). Roku 1905 zavedl pojem „genetika“ jako označení studia dědičnosti a proměnlivosti (Bateson, 2002). Pojem Mendelovy zákony a jejich první explicitnější definice se také již začínaly postupně objevovat v literatuře a pronikaly do vysokoškolského vzdělávání (Weldon, 1902). Už v roce 1902 je zmínil i Bateson (Marks, 2008).

Mezitím byla v roce 1902 navržena tzv. chromozomální teorie dědičnosti (Sutton, 1903), označovaná v pozdější literatuře po svých dvou nezávislých objevitelích také jako Sutton-Boveriho hypotéza (Crow & Crow, 2002; Martins, 1999). Mendelem popsané alely determinující fenotyp organismu jsou dle této hypotézy neseny právě již známými chromozomy (Sutton, 1903).

Později se díky této teorii vědecké směry budoucí genetiky a tehdejší cytologie protnuly za vzniku tzv. klasické neboli Mendelovské genetiky (Gayon, 2016). Roku 1916 uvedl T. H. Morgan formulace prvních dvou tzv. Mendelových zákonů (Marks, 2008; Monaghan & Corcos, 1984). V roce 1944 bylo dokázáno, že DNA je nositelkou dědičné informace (Avery et al., 1944) a v roce 1953 byla objasněna její molekulární struktura (Watson & Crick, 1953). Tím začala éra molekulární genetiky a období mnoha dalších převratných objevů trvajících až do současnosti.

Po konci druhé světové války přichází citelná rána pro studium genetiky v tehdejším Československu – převrat v únoru 1948 přinesl změny nejen v politickém dění, ale i ve směřování vědy a náplni vzdělávání. Téhož roku byla genetika prohlášena na setkání Všesvazové akademie zemědělských věd V. I. Lenina (tzv. VASCHNIL) v Moskvě za pseudobiologickou a protistátní vědu (Borinskaya et al., 2019). Následkem toho byla nahrazena ve školních osnovách tzv. „mičurinskou biologií“ a tyto nové sovětské osnovy určené pro všeobecně vzdělávací školy byly roku 1954 zavedeny i v tehdejším Československu (Podroužek, 2011).

Za touto velmi nešťastnou transformací stál mladý ukrajinský agronom Trofim D. Lysenko, a proto je toto učení dnes označováno jako „lysenkismus“ (Graham, 2016; Sojfer, 2005). Využil jména již zesnulého šlechtitele Ivana V. Mičurina[2] a prohlásil se za jeho pokračovatele navzdory tomu, že se s Mičurinem, který genetiku nijak neodsuzoval a spolupracoval s předními odborníky v oboru (Reznik & Fet, 2019; Trebichavský & Šíma, 2019), nikdy nesetkal (Goncharov & Savel'ev, 2016).

Lysenkova teorie byla vybudována na lamarkismu a úzce spojovala vlastnosti organismů s jejich prostředím (Graham, 2016). Podle Lysenka bylo možné pouhou změnou vnějších podmínek indukovat dědičnou změnu genetické informace organismu (Caspari & Marshak, 1965), například procesem tzv. „jarovizace“ (Borinskaya et al., 2019). Tyto teorie dnes někteří ruští a čínští vědci oživují s rozvojem epigenetiky (Kolchinsky et al., 2017; Reznik & Fet, 2019). Lysenkismus zacházel tak daleko, že odmítal existenci genů (Borinskaya et al., 2019) a připouštěl možnost úplné změny druhu plodiny pouze v reakci na okolní podmínky, nebo vznik živých buněk z neživé hmoty (Trebichavský & Šíma, 2019). Lysenko navíc ignoroval užití statistických metod a kontrolovaných experimentů i fakt, že snahy o replikaci jeho práce v zahraničí skončily neúspěchem (Graham, 2016).

Lysenkova propagace a aplikace údajně velmi slibných, v reálu však nefunkčních metod zvyšování výnosů hospodářských plodin se však dočkala velké pozornosti (Trebichavský & Šíma, 2019). Lysenkovo anti-Mendelovské pojetí dědičnosti si získalo oblibu u Josifa V. Stalina, který se sám s lamarkismem ztotožňoval (Borinskaya et al., 2019; Valová, 2013). Lysenkovi zastánci tak postupně získali volnou ruku v utváření školních osnov i praktik sovětského zemědělství dle učení mičurinské biologie (Borinskaya et al., 2019; Valová, 2013).

Veškerá klasická genetika upadla v Sovětském svazu definitivně v nemilost v roce 1948 (Borinskaya et al., 2019; Caspari & Marshak, 1965). Lysenkovo působení v sovětské akademii věd a jeho útoky vůči významným genetikům vedly díky jeho podpoře státním aparátem k politicky motivované devastaci

[2] I. V. Mičurin (1855–1935) se zabýval velmi úspěšně šlechtěním chladu odolných odrůd hlavně ovocných stromů a keřů (Reznik & Fet, 2019) a podařilo se mu vytvořit přes stovku nových kultivarů (Goncharov & Savel'ev, 2016).

výzkumu a mnohdy i samotných vědců, a to i odpůrců z jiných biologických oborů (Borinskaya et al., 2019; Kolchinsky et al., 2017; Reznik & Fet, 2019). Podobný tlak byl však vyvíjen i na československé odpůrce mičurinské biologie (Trebichavský & Šíma, 2019; Valová, 2013).

Byť se již v roce 1945 zvedla proti Lysenkovi vlna odporu mezi akademiky napříč Sovětským svazem i s výraznou podporou genetiků ze zahraničí (Borinskaya et al., 2019), Stalin držel nad Lysenkem ochrannou ruku, až do své smrti roce 1953 (Kolchinsky et al., 2017; Valová, 2013). Teprve v roce 1965 byla Lysenkovi po výrazné kritice zástupců Sovětské akademie věd odňata pozice ředitele na Genetickém ústavu a mělo dojít k odstranění jeho učení z učebnic i z kurikula sovětských škol (Caspari & Marshak, 1965; Kolchinsky et al., 2017).

Celou situaci o pár měsíců později definitivně zlomilo Mendelovské symposium v Brně k výročí 100 let od prezentace Mendelovy práce, které genetiku ve východním bloku rehabilitovalo a umožnilo jí navázat na západní poznatky (Kolchinsky et al., 2017; Sojfer, 2005). 16. února 1966 vychází Usnesení Vlády ČSSR na podporu genetiky, které ukládalo zlepšení vzdělávací činnosti v oboru (začlenění učiva do kurikula středního vzdělávání, výuku učitelů i tvorbu učebních textů pro VŠ) a taktéž směřování vědeckého výzkumu v této oblasti (Matalová & Sekerák, 2004). Jak tato rehabilitace učiva genetiky proběhla ve školní praxi, to je už předmětem detailního výzkumu učebnic.

3 Metodika

Analýza obsahu učebnic přírodopisu, potažmo biologie, vycházela z projektu diplomové práce autorky z roku 2016/2017 (Machová, 2017). V roce 2020 byla tato analýza aktualizována a rozšířena o další tituly, a to jak nově nalezená historická díla, tak nově vydané učebnice.

3.1 Analýza historických učebnic

Učebnice vydané před rokem 1989 byly analyzovány z hlediska obsahu genetiky pouze ve zjednodušené formě. Je obtížně ověřitelné, zda byly dohledány všechny vydané učebnice, některé tituly se nepodařilo získat celé. Zahrnuté tituly jsou součástí seznamu literatury.

Hodnoceno bylo množství učiva v nich obsažené (v případě necelých titulů na základě náhledu obsahu knihy), zaznamenána probíraná témata a jejich pojetí a pro jaký stupeň vzdělávání byly tituly určeny. Jako referenční tituly pro srovnání obsahu učiva genetiky v České republice, potažmo Československu, sloužily digitalizované volně dostupné americké učebnice vyhledané ve webovém archivu[3] pod klíčovými slovy „biology textbook“, „secondary science textbook“ a „science textbook“.

3.2 Analýza současných učebnic

Nashromážděno bylo celkem 129 titulů vydaných po roce 1989 a zaměřených na biologii a přírodopis určených přímo jako učebnice do škol nebo jako tituly k samostudiu a maturitní přípravě (viz Příloha 2). Většina titulů byla určená pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií, na vyšší stupeň gymnázií a střední školy bylo zaměřeno 45 titulů.

V 90. letech vycházely některé tituly se stejným nebo téměř identickým obsahem pod více nakladatelstvími, viz *Základy ekologie* v SPN a Fortuně (Kvasničková, 1991; Kvasničková, 2010), případně docházelo k pozdějšímu slučování některých titulů, viz původně oddělená botanika a zoologie sloučená do jednoho titulu *Přírodopis 6* od SPN (Černík et al., 2004), nebo vydání ucelených edic pod novým názvem (*Poznáváme život* od Fortuny později jako *Ekologický přírodopis*). Ačkoli obsah byl místy téměř identický, do analýzy množství obsahu učiva byly takové tituly počítány každý zvlášť (pokud byl vydán pod jiným názvem nebo nakladatelstvím).

U každé učebnice bylo zaznamenáno, pro jaký ročník a typ školy je určena, a dále množství učiva genetiky v celé knize. Dle množství obsahu byly tituly zařazovány do následujících kategorií:

- celá kniha – celý titul se věnuje pouze genetice,
- kapitola – titul obsahuje samostatnou kapitolu zaměřenou na učivo genetiky,
- úsek – v rámci učebnice se nachází víc odstavců textu pojednávajících o genetice,
- zmínka – učebnice obsahuje pouze pár větných zmínek, maximálně jeden odstavec,
- neobsahuje – učivo genetiky se v titulu nevyskytuje.

[3] Dostupné z https://archive.org/

K detailnějšímu rozboru obsahu (pojmové analýze) byly vybrány učebnice, které obsahovaly témata z oblasti genetiky (v minimální šíři několika větné zmínky), a bylo zjištěno, že jsou školami užívané i v současnosti. Užívanost byla podložena třemi zdroji: starší studií (Machová, 2017), dostupností titulů u knihkupců v roce 2019/2020 a veřejnou anketou vyhlášenou autorkou studie mezi učiteli přírodovědných předmětů na sociální síti Facebook v únoru roku 2020 (95 respondentů). Přičemž byly vyřazeny tituly se stejným obsahem vydané pod jinými názvy a použito bylo vždy jejich nejnovější dostupné vydání. Celkem bylo vybráno 22 učebnic určených pro ZŠ (resp. i nižší ročníky gymnázií) a 17 titulů pro vyšší ročníky gymnázií a SŠ (viz Příloha 2, sekce B).

Učebnice byly hodnoceny podle míry rozpracování pojmů a oblastí z učiva genetiky vybraných na základě požadavků RVP ZV (NÚV, 2017), RVP G (VÚP, 2007) a RVP pro střední odborné vzdělávání (NÚV, 2019) s důrazem na pojmy základní vyskytující se napříč všemi úrovněmi vzdělávání. Jako orientační reference nejčastějšího obsahu realizovaného učiva sloužilo 30 vybraných ŠVP pro různá česká gymnázia (osmiletá i čtyřletá), které byly digitálně dostupné na webech škol a řazené jako první v internetovém vyhledávači Google na základě klíčových slov „ŠVP gymnázium“. Obsahová validita vybraných pojmových položek byla ověřena odborníkem z oboru genetiky.

Jednotlivé sledované položky je možné pro přehlednost rozdělit do následujících kategorií:

- Obecné pojmy – dědičnost, mitóza/meióza, genetika, gen, nukleová kyselina (DNA/RNA), DNA „packaging“ (sbalení/kompaktace DNA), chromozom (a jeho struktura), diplo/haploidní organismus, genotyp/fenotyp, alela, dominance a recesivita, kodominance, heterozygot/homozygot, karyotyp, plazmid, mutace.
- Mechanismy dědičnosti – Mendelovy zákony, vazba genů, mono/polygenní dědičnost, genové interakce, populační genetika (ve formě příkladů i textového vysvětlení).
- Využití genetiky – genetika v lékařství, šlechtění, genové inženýrství (včetně klonování), další disciplíny (kriminalistika, fylogeneze, . . .).
- Příklady – monohybridní křížení, dihybridní křížení, Hardy-Weinbergova rovnováha, rodokmeny.
- Historie genetiky – J. G. Mendel, T. H. Morgan.

Nezařazení objevu struktury DNA Watsonem a Crickem do vyhodnocování obsahu historických reálií v rámci kapitol genetiky bylo dané jejich malým zastoupením hlavně v učebnicích ZŠ (pouze tři tituly).

Každé položce v kategorii pak bylo uděleno hodnocení podle následujícího klíče:

- uveden: pojem je zmíněn, ale není vysvětlen,
- vysvětlen: objevuje se pojem, který je stručně jednou až dvěma větami popsán a vysvětlen, přičemž vysvětlení je k pochopení podstaty konceptu dostačující,
- šířeji rozveden: jsou rozvedeny a vysvětleny detaily koncepce pojmu, případně i zajímavosti nad rámec základního učiva,
- opisem: přímo daný pojem neobsahuje, ale zmiňuje daný koncept opisem
- neuveden: pojem se vůbec neobjevuje ani opisem.

U všech učebnic byla zároveň sledována faktická správnost obsahu a případné chyby nebo zavádějící formulace byly zaznamenány.

Na závěr byla provedena analýza návaznosti učiva v rámci jednotlivých edic titulů určených pro ZŠ, které jsou ve školách stále užívané a v době zpracování studie i dostupné u knihkupců. Do této kategorie spadají edice nakladatelství Scientia, Fortuna (Ekologický přírodopis a navazující titul Základy ekologie), Taktik (Hravý přírodopis), Nová škola – Duha (Čtení s porozuměním) a Nová škola, s. r. o., Fraus, Jinan, České geografické společnosti (Natura) a po dvou edicích od nakladatelství Prodos a SPN. Celkem šlo o 26 titulů, které obsahovaly alespoň několikavětnou zmínku o genetice. Sledována u nich byla reprezentace centrálního dogmatu molekulární biologie a genetiky (tedy proces vznik znaků organismů) na třech hlavních úrovních biologické organizace (molekulární, buněčné, organismální).

V rámci textu učebnic byly zjišťovány následující informace:

- lokalizace genetické (dědičné) informace v jádře buňky,
- uvedení funkcí buněčného jádra,
- uvedení funkcí DNA pro organismus,

- funkce bílkovin (a ribozomů) v těle a jejich spojení s DNA,
- vliv mutací na organismus,
- reprezentace znaků na úrovni organismu,
- propojení procesu pohlavního a nepohlavního rozmnožování s přenosem dědičných informací.

Sledované informace pak byly pro zjištění četností kódovány systémem 0/1 (je/není přítomen v daném titulu).

Kategorizace a kódování ve všech analýzách byla provedena autorkou podle předem stanovených kategoriálních kritérií. Kategorizace položek byla vždy s odstupem několika týdnů jednou zopakována pro ověření konzistence hodnocení. Ze všech získaných dat pak byly zjištěny četnosti jednotlivých prvků a zaneseny do grafů.

4 Výsledky

Přehled vývoje obsahu genetiky v učebnicích je rozdělen na několik časových období, ohraničených nejen dějinnými událostmi, ale také změnami ve směru genetického výzkumu. Postupně jsou učebnice popsány od těch nejstarších po nejmladší se zvláštním důrazem na tituly vydané od 90. let do současnosti.

4.1 Počátky genetiky v učebnicích

Vznik genetiky se datuje k roku 1900, v té době je již známá existence jádra, chromatinu, chemické složení DNA i podoba metafázových chromozomů, ale jejich vliv na životní funkce buňky není zatím jasný (Sturtevant, 2001).

Před tímto datem se genetika ani buněčná biologie v dostupných českých dílech nevyskytovala, učebnice byly pouze výčtem druhů rostlin, živočichů, minerálů a hornin (Švácha, 1876; Zippe, 1856). Naproti tomu například americko-anglická učebnice *Text-book of elementary biology* z roku 1893 již uváděla a velmi dobře ilustrovala buněčné dělení, existenci jádra v buňkách a jeho obsah chromatin (Campbell, 1893). Ačkoli popis v knize byl z dnešního pohledu samozřejmě značně zastaralý, odpovídal tehdejším poznatkům.

V roce 1903 došlo ke spojení cytologie a Mendelovské genetiky postulováním chromozomální teorie dědičnosti (Sutton, 1903) a vznikla tak tzv. klasická genetická škola zabývající se přenosem dědičných vlastností (Gayon, 2016; Gericke & Hagberg, 2007).

V tomto období byly přírodní vědy na základních školách v českých zemích vyučovány v rámci tzv. přírodozpytu (spojení chemie a fyziky, na středních školách dále už jako samostatné předměty) a přírodopisu, který měl výrazně popisně-systematický charakter (Konířová, 2005).

Přesto již v roce 1909 můžeme genetiku a buněčnou biologii v českých textech najít. Zmínka o buněčném jádře a jeho významu pro dělení buněk je například v učebnici *Rostlinopis pro ústavy ku vzdělání učitelů a učitelek* (Rosický & Rosický, 1909). Ta ovšem sloužila pouze při vzdělávání na specializovaných pedagogických středních školách (ISCED 3).

Podobně učivo reflektovaly i některé americké učebnice (pro stupeň ISCED 2 a 3), které uváděly nutnost jádra pro životaschopnost buňky (Bigelow & Bigelow, 1911). Americká učebnice *Introduction to biology* pro střední školy (ISCED 3) na rozdíl od českých však už v roce 1913 popisovala Mendelovskou dědičnost znaků na morčatech, dědičnost znaků po obou rodičích, ale také vyzdvihovala možnosti eugeniky (Bigelow & Bigelow, 1913).

Od roku 1933 byl pak v českých zemích přírodopis pevně zakotven do osnov 6.–8. ročníku měšťanských škol s důrazem na fenologii – změny v přírodě během roku (Podroužek, 2011).

České učebnice z meziválečného období tzv. První republiky mají již mnohem rozmanitější rozsah učiva. Učebnice *Přírodopis pro jednoroční učebné kurzy (IV. třídy) při měšťanských školách* (ISCED 2) byla nalezena od dvou autorů, kdy v jednom případě bylo pouze uvedeno a ilustrováno buněčné dělení (Vlach & Krejčík, 1931) a ve druhém případě již nejen popsáno buněčné dělení, ale i historie Mendelovy práce, křížení rostlin hrachu, vysvětlení těchto poznatků a jejich využití v zemědělství (Pastejřík, 1936). Učebnice pro nižší ročníky genetiku neobsahovaly, například *Přírodopis pro II. třídu měšťanských škol* uvádí jen drobnou zmínku o stavbě buňky a roli jádra v řízení růstu, dělení buňky, a tím i předání dědičných vlastností (Groulík et al., 1936).

V učebnicích určených pro střední školy z období 30. let se genetika a buněčná biologie objevovala hlavně v rámci botaniky nebo tehdejšího středoškolského rostlinopisu – popisy buněčného dělení a významu jádra najdeme v učebnicích pro vyšší třídy středních škol a učitelské ústavy (ISCED 3) (Bartušek, 1933; Řehák, 1935).

Americké učebnice z 20. let naproti tomu zaváděly genetiku a buněčnou biologii až na středních školách (ISCED 3). Učebnice *Advanced biology* věnovala genetice již velmi rozsáhlou část (Wheat & Fitzpatrick, 1929). Zaváděla pojmy gen, pro úseky chromozomu nesoucí určitý znak, popisovala všechny tři Mendelovy zákony, obsahovala i ukázky mono a dihybridního křížení, osvětlovala variabilitu potomstva na základě crossing-overu při tvorbě zárodečné linie a zmiňovala i eugeniku. Stejně jako v českých zemích byly i některé americké tituly v tomto učivu mnohem stručnější, například učebnice *Biology For Beginners* (ISCED 3) (Moon, 1926) uváděla pouze základy buněčné biologie.

Typické pro zahraniční učebnice bylo vyzdvihování eugeniky uváděné jako slibný nástroj pro vylepšení lidské rasy (Kroeber & Wolff, 1938; Wheat & Fitzpatrick, 1929). Vliv environmentálních faktorů na vývoj jedince byl značně upozaďován, ačkoli byl připouštěn. Dokonce se v jednom titulu objevilo i vyjádření, že genetické faktory ovlivňují výběr prostředí, v jakém jedinec žije (tedy, že člověk přirozeně inteligentní si vybírá příjemné a kvalitní prostředí, zatímco člověk slabší vybírá prostředí horší) (Wheat & Fitzpatrick, 1929).

Tato problematika bývá spojována s tehdejším silným genetickým determinismem, který se projevoval i v učebních materiálech (Castéra et al., 2008). Geny byly chápány jako fyzické jednotky zodpovědné za vývoj znaků a je-li každý znak reprezentován nějakým neměnným a daným genem, nutně toto myšlení vede k podceňování vlivu environmentálních faktorů na jejich vývoj (Resnik & Vorhaus, 2006). Nevhodná úroveň genetického determinismu se však v různých formách objevuje ve španělských, italských, francouzských, brazilských i finských učebnicích i dnes (Aivelo & Uitto, 2015; Castéra et al., 2008; dos Santos et al., 2012; Prochazka & Franzolin, 2018) a nezřídka je prezentován v různé formě v médiích (Peters, 2014).

V akademické sféře se genetice věnoval již o dost širší prostor. Z předválečného období pochází vysokoškolská učebnice *Rostlinopis*, v jejímž pátém svazku je již popsána Mendelovská genetika, chromozomální určení pohlaví i vazba genů (Brožek, 1930).

Za dobovou zmínku stojí i to, že společným znakem učebnic zahraničních i českých vydaných v celé první polovině 20. století bylo mylné vykládání role tzv. protoplasmy (v zásadě analogické dnešní cytoplazmě (Burian, 2013)) jako živoucí hmoty umožňující všechny životní funkce a dědičnost buňky (Bigelow & Bigelow, 1911; Moon, 1926; Moon et al., 1947; Rosický & Rosický, 1909). Ačkoli v současných učebnicích se tento koncept nevyskytuje, ještě v učebnici *Botanika pro II. ročník gymnázií* z roku 1977 bychom ho našli poměrně široce popsaný (Jeník et al., 1977).

4.2 Poválečné období: učebnice převratu a normalizace

Po převratu v roce 1948 došlo v Československu k centralizaci tvorby učebnic, která trvala od 50. do 80. let a byla spravována Státním pedagogickým nakladatelstvím (SPN), jež s revolucí zaniklo a jeho současný jmenovec je zcela novou firmou (Kábrtová, 2006; Průcha, 1996). V té době měl každý předmět v každém ročníku pouze jednu učebnici (Greger, 2005).

V roce 1954 byly zavedeny nové osnovy pro všeobecně vzdělávací školy v délce 10 ročníků obsahující pseudovědní učení mičurinské biologie (Podroužek, 2011) přezdívané po svém propagátorovi Trofimu D. Lysenkovi také „lysenkismus“ (Sojfer, 2005). Jedním ze zásadních děl propagujících mičurinskou biologii v rámci vzdělávání byl titul *Základy darwinismu: učební text pro 10. postupný ročník jedenáctileté střední školy a pro pedagogické školy* (Bouček et al., 1955). Toto učivo bylo z kurikula sovětského vzdělávání a učebnic odstraněno až v roce 1965 (Caspari & Marshak, 1965; Kolchinsky et al., 2017). Později téhož roku byla Mendelovská genetika rehabilitována v rámci Mendelovského symposia v Brně (Kolchinsky et al., 2017; Sojfer, 2005) a nařízením vlády z roku 1966 byla vrácena do kurikula SŠ i do vzdělávání učitelů a podnícena byla i tvorba nových učebnic pro VŠ (Matalová & Sekerák, 2004).

Školní praxe však držela zpoždění za společenským děním. V učebnicích pro druhý stupeň základních škol z té doby není genetika běžná. Zmínky o dědičnosti a šlechtění můžeme najít například v kapitole Význam Darwinismu pro šlechtitelství, I. V. Mičurin v *Přírodopisu 9*, která vyšla poprvé roku 1965 (Pauk et al., 1972). Tedy právě v roce konání brněnského symposia, které se snažilo genetiku navrátit do vědy. Daná učebnice s touto kapitolou vyšla poté ještě v několika dalších vydáních.

Zatímco české učebnice začaly za novými poznatky genetiky zaostávat, americké středoškolské (ISCED 3) učebnice v 50. letech už zcela běžně obsahovaly kapitolu zaměřenou na klasickou genetiku často ve spojení s evoluční teorií. Vyobrazení zahrad brněnského kláštera nebo Mendela samotného následovaly diagramy hybridizace hrachu či morčat a kapitoly o významu moderní genetiky při šlechtění plodin (Curtis & Urban, 1953; Morgan, 1955; Smith, 1959).

Možná překvapivě nelze hodnotit vliv ideologie Sovětského svazu pouze negativně. Zatímco americké učebnice se již v předválečném období potýkaly s až nezdravou propagací eugeniky, která zcela neutichla ani po nešťastných událostech 2. světové války, v dostupných českých učebnicích není tento vliv nijak patrný. Ba naopak, sovětská ideologie ji ve snaze setřít třídní rozdíly velmi efektivně potlačovala a tento

trend je typický v učebnicích napříč východní Evropou (Castéra et al., 2008). Již v 50. letech najdeme v učebnici pro střední školy (ISCED 3) s názvem *Nauka o člověku* kapitoly o rovnosti ras nebo kapitoly kritizující popírání Darwinismu (Vodička et al., 1950). Nejlépe však můžeme situaci ilustrovat na úryvku z již 8. vydání učebnice *Přírodopis pro 8. ročník základních devítiletých škol* (ISCED 2) z roku 1972:

> Kapitalistický společenský řád v některých imperialistických státech a fašisté na celém světě však uměle vytvářejí názor o méněcennosti některých plemen (černého a žlutého) a hlásají nerovnost lidí a národů. [...] Rasismus je vytvářen uměle a jeho úkolem je udržovat v porobě plemena a národy, které mají sloužit vládnoucím vrstvám kapitalistického společenského řádu. (Hainer et al., 1972)

Stejná učebnice také uváděla na příkladu vzdělání vliv environmentálních faktorů na formování organismu (Hainer et al., 1972). K tomu se americké učebnice z té doby stavěly nanejvýš nevhodně, některé texty i nadále uváděly lenost a kriminalitu jako zdroj nízkého IQ jedince a propagovaly sterilizační programy (Morgan, 1955). Jiné již ale představily teorii „nature and nurture“ a vyzdvihly vliv environmentálních faktorů na formování organismu (Curtis & Urban, 1953).

Technologický postup v tomto období také umožnil rozvinout poznatky buněčné biologie. Americké učebnice nově mnohem přesněji ilustrují procesy buněčného dělení a zavádí meiózu a mitózu a jejich fáze v moderním podání (Morgan, 1955). V jediné nalezené české učebnici z 50. let pro střední školy (ISCED 3) je velmi zjednodušeně uvedeno dělení buněk a stále rozvádí význam protoplasmy, genetika v ní chybí zcela (Vodička et al., 1950). Během 60. let už se ale setkáváme s detailními popisy fází buněčného dělení, deoxyribonukleové kyseliny a její stavby, zaváděním pojmů chromozom, mutace a dalších. Ve všech známých případech se ale jednalo o tituly pro střední školy (ISCED 3) (Jeník et al., 1967; Trávníček & Janda, 1965).

4.3 Učebnice od pražského jara do sametové revoluce

Od roku 1960 se zavádí dnes běžná devítiletá školní docházka (Podroužek, 2011). Genetika se také stává dostupnou širší veřejnosti díky titulům jako *Genetika* vydaná poprvé roku 1961 Československou akademií věd (Hrubý, 1961). Kniha obsahovala nejen Mendelovy zákony a křížení, ale i dosavadní poznatky o genetice různých organismů včetně člověka. V dílech určeným školám ze 70. a 80. let již také není problém genetiku objevit v širší podobě. Ostatně tehdejší Učební osnovy základní školy v přírodopise v roce 1978 vyhrazovaly čtyři vyučovací hodiny pro téma Dědičnost a proměnlivost v 7. ročníku (*Učební osnovy základní školy: přírodopis pro 5.–8. ročník*, 1978). Přesto téměř všechny nalezené tituly učebnic, které téma genetiky obsahovaly, byly určeny pro gymnázia.

Nejstarší je *Botanika pro II. ročník gymnázií* z roku 1970, která později vyšla v několika dalších vydáních, která bylo možné dohledat až do roku 1981 (Jeník et al., 1977). V textu již nejsou přikládány důležité funkce buněčné protoplasmě, naopak je zdůrazněna funkce jádra a detailně i s ilustracemi popsány fáze buněčného dělení. V 70. letech také vychází *Obecná biologie pro IV. ročník gymnázií*, která obsahuje samostatnou kapitolu Dědičnost a proměnlivost, kde se objevují Mendelovské zákony a křížení (Šmarda et al., 1976).

Roku 1985 vychází *Biologie pro II. ročník gymnázií*, která již genetiku rehabilituje opravdu v plné šíři (Bašovská et al., 1985). Samostatná rozsáhlá kapitola Genetika obsahuje detaily stavby DNA, proteosyntézu, chromozomální určení pohlaví, mechanismus rekombinace, křížení (mono i dihybridismus), kvantitativní a kvalitativní znaky, mutace a populační genetiku, včetně významu genetiky a využití jejích poznatků i z hlediska etického, a to vše včetně úloh a příkladů.

Na základních školách byly dále používány tituly z 60. let, které vycházejí v dalších vydáních (například Hainer et al., 1972). Jejich popularitu ostatně dokazuje i to, že se nacházejí v knihovnách některých současných déle praktikujících učitelů, se kterými jsem se setkala během své pedagogické praxe (mezi lety 2017–2020), jako pozůstatky jejich vlastního studia. Významnou změnou však prochází titul *Přírodopis 9*, původní poslední kapitola Význam Darwinismu pro šlechtitelství, I. V. Mičurin byla změněna na Význam nauky o dědičnosti (Pauk et al., 1980). Je v rámci ní vyzdvihován a v detailu popsán život i práce Mendela (tehdy pod českým ekvivalentem jména Jan Řehoř) na křížení hrachu. Kromě zásluh „vynikajících sovětských genetiků“, které režim v minulých dekádách v zásadě vymýtil (Kolchinsky et al., 2017), je zmíněna i práce T. H. Morgana na octomilkách.

I tituly pro nižší ročníky již genetiku do určité míry obsahovaly, například *Přírodopis 7: pro 7. ročník základní školy* s prvním vydáním z roku 1982 (Fleischmann et al., 1982). Kromě zjednodušeného popisu buněčného dělení s ilustracemi obsahuje samostatnou kapitolu Dědičnost organismů, která zjednodušeně popisuje Mendelovy objevy a poměrně široce uvádí možnosti využití genetických poznatků ve šlechtění a lékařské diagnostice. Ačkoli učebnice trpí odbornými nedostatky nebo spíše přílišným zjednodušením

informací až k mírně zavádějícím formulacím, je v zásadě plně oproštěná od ideologie. Rehabilitaci Mendelova přínosu vědě také dokazuje pomocný text vydaný pro 6.–9. ročník ZŠ s názvem *Význační biologové: Výběr portrétů pro ZDŠ a školy II. cyklu*, kde je Mendel zahrnut mezi jména jako Darwin a Pasteur (Boháč, 1978).

Zatímco u nás se genetika v učebnicích pro základní školy šířeji objevila až v 80. letech, v USA můžeme najít učivo dědičnosti přítomné již v titulu pro druhý stupeň z roku 1965 (Hogg et al., 1965). Z hodnocení obsahu učebnic vydaných během 80. let 20. století určených převážně pro střední školy pak vyplývá, že stejně jako české učebnice obsahovaly učivo genetiky v širokém rozsahu, včetně procesu proteosyntézy (Lundin & McCarthy, 1989).

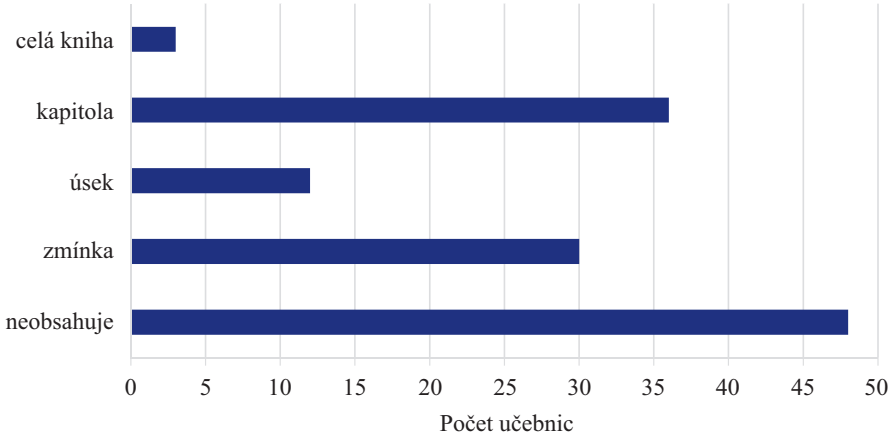
Genetika byla plnou součástí výuky na českých vysokých školách včetně pedagogických fakult a vyšly nové VŠ učebnice českých autorů zaměřené na genetiku (Matalová & Sekerák, 2004). Roku 1985 vyšla učebnice *Obecná biologie* s podtitulem *Celostátní vysokoškolská učebnice pro studenty přírodovědeckých a pedagogických fakult*, která obsahuje v zásadě všechny základy genetiky a buněčné biologie v té době dostupné (Romanovský et al., 1985). V SPN také vyšla samostatná vysokoškolská učebnice zaměřená pouze na molekulární biologii (Rosypal et al., 1983). Vyšlo i mnoho titulů pro zemědělské a lékařské fakulty, které obsahovaly učivo klasické genetiky v plné šíři – *Biologie: učebnice pro lékařské fakulty*, která vyšla i v pozdějším aktualizovaném vydání roku 2000 (Nečas et al., 1989).

Období po roce 1989 je charakterizováno překotnými a častými změnami ve vzdělávací politice. Během devadesátých let postupně vzniklo několik typů osnov a vzdělávacích programů, transformace byla zakončena v roce 2001 prvním návrhem Rámcového vzdělávacího programu základního vzdělávání (Podroužek, 2011) uzákoněném později roku 2004 (zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání, tzv. Školský zákon). Všechny tyto osnovy a programy již měly (a i jejich současné verze mají) genetiku zakotvenou jako povinnou součást přírodopisu na druhém stupni základních škol. Danou oblast učiva se tak se sametovou revolucí povedlo konečně plně rehabilitovat.

Na trhu se také objevilo velmi široké spektrum nových učebnic pro stejné ročníky od různých nakladatelství – genetika se tak začala objevovat v rozličných formách a výkladech. Aby byla zajištěna kontrola obsahu a soulad učebnic s národním kurikulem, vyšel v roce 1999 postup pro udílení tzv. schvalovací doložky MŠMT (s revizí postupu platnou od roku 2003) (Greger, 2005).

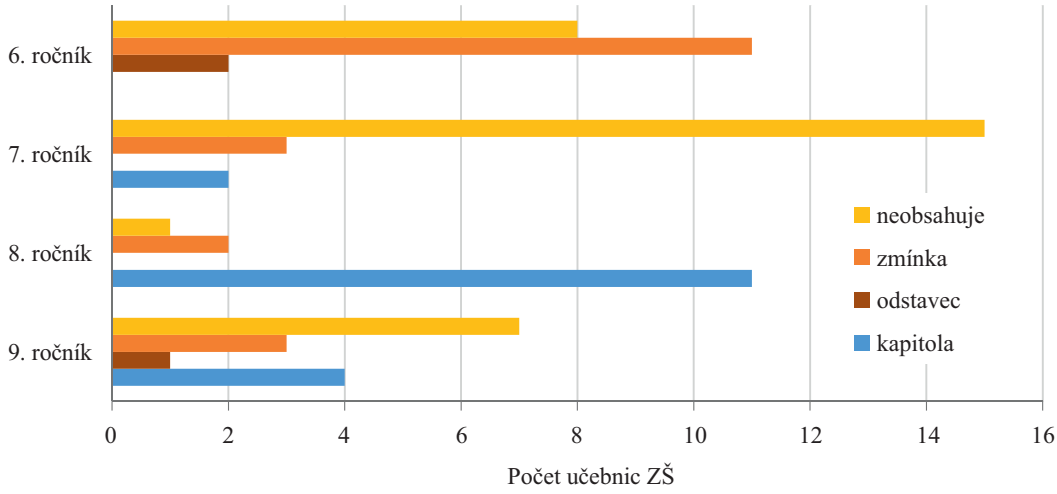
4.4 Obsah učiva genetiky v současných učebnicích

V současnosti se genetika již běžně vyskytuje v učebnicích pro základní i střední vzdělávání (ISCED 2 a 3) (viz obr. 1), v rámci kterého je rozmístěna různě i s ohledem na typ školy. Pro střední vzdělávání existují i specializované tituly zaměřené pouze na učivo genetiky.

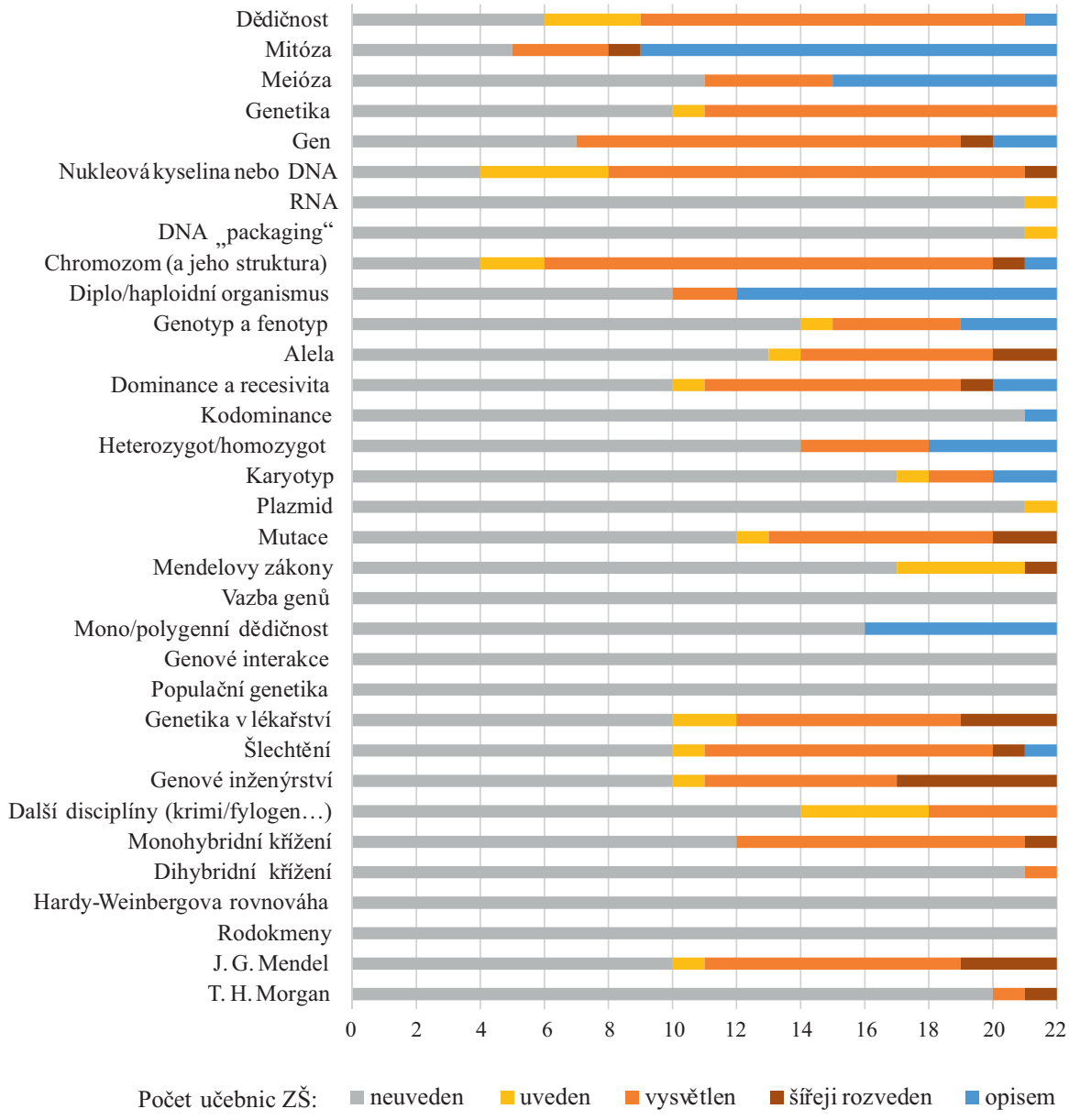


Obr. 1: Rozsah učiva genetiky v učebnicích přírodopisu a biologie pro základní i střední vzdělávání vydaných po roce 1989 ($N = 129$)

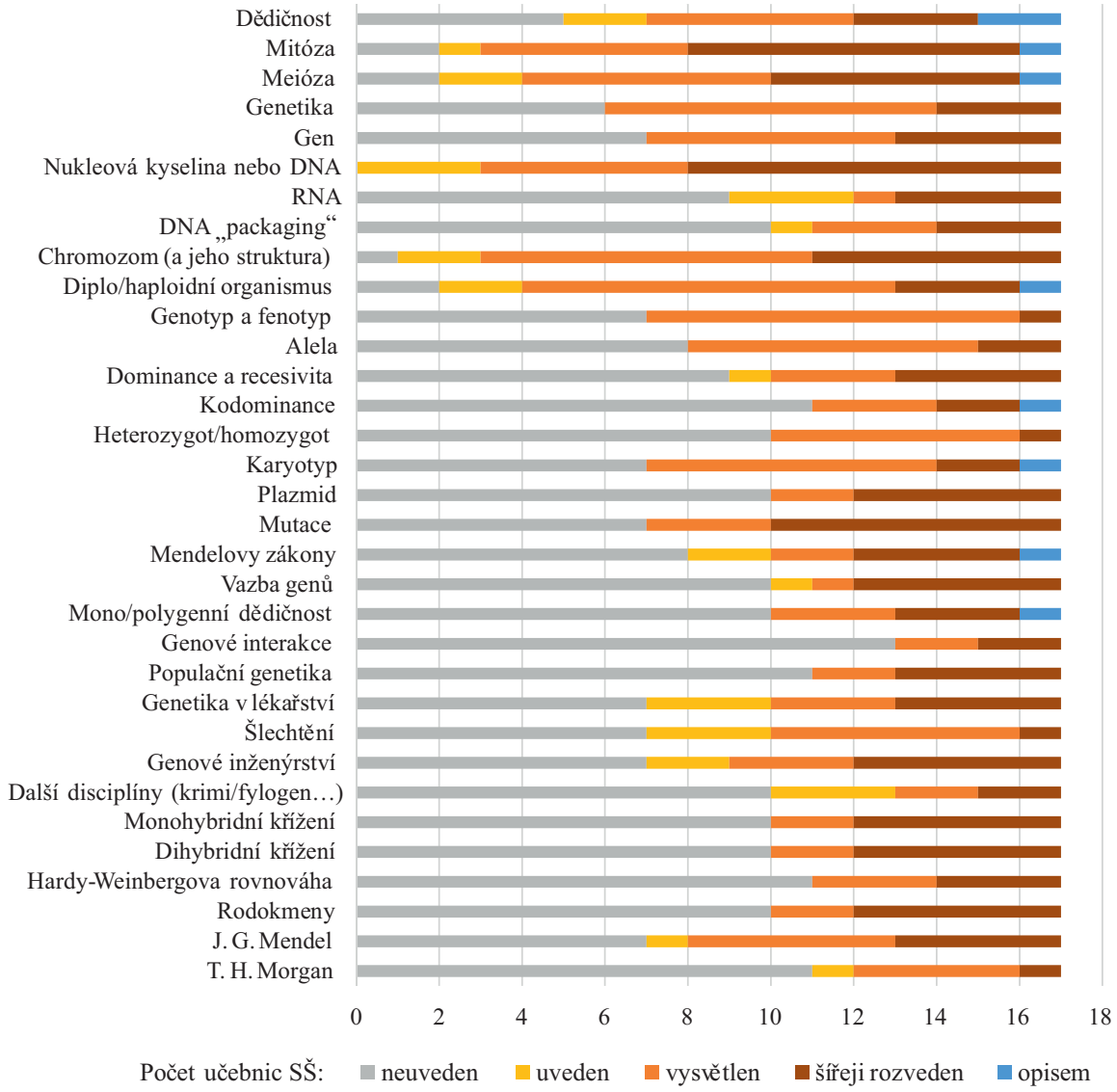
Na základních školách se genetika vyskytuje postupně od začátku 2. stupně. Analyzované učebnice určené pro ZŠ a nižší ročníky gymnázií rozmisťují učivo genetiky v rámci jednotlivých ročníků následujícím způsobem (obr. 2). V 6. ročníku se většinou objevují zmínky o genetické informaci, jejím umístění a případně i významu pro organismus v rámci učiva buňky nebo bakterií a virů. V učebnicích pro 7. ročník se genetika ve většině případů vůbec nevyskytuje (vzácně v rámci učiva úvodu botaniky – stavbě rostlinné buňky nebo rozmnožování rostlin). Většina učiva genetiky bývá situována v rámci 8. nebo 9. ročníku převážně jako součást učiva biologie člověka nebo vzácněji spojená s evoluční biologií či velmi stručně zmíněna u učiva vzniku života na Zemi.



Obr. 2: Rozložení učiva genetiky v rámci jednotlivých ročníků druhého stupně ZŠ v učebnicích přírodopisu určených pro druhý stupeň ZŠ a nižší stupeň víceletých gymnázií vydaných po roce 1989 ($N = 70$). Zahrnuté byly pouze ty učebnice, u kterých bylo specifikováno, pro který konkrétní ročník jsou určené



Obr. 3: Analýza rozpracování pojmů a témat učiva genetiky v učebnicích určených pro ZŠ ($N = 22$)



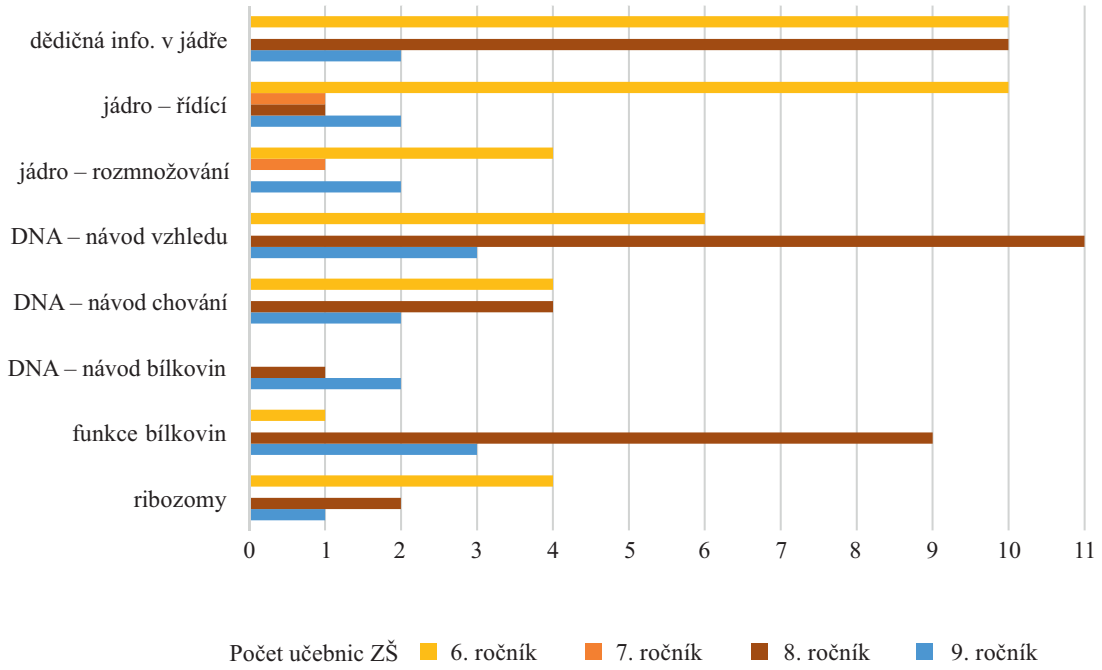
Obr. 4: Analýza rozpracování pojmů a témat učiva genetiky v učebnicích určených pro SŠ ($N = 17$)

Co se týče obsahu učiva v učebnicích pro střední a základní školy, pokud učivo genetiky obsahují (viz Příloha 2), jde již v zásadě o kompletní poznatky klasické i molekulární genetiky minulého století (viz obr. 3 a 4). Obsah učiva genetiky také odpovídá současným požadavkům RVP (viz Příloha 1) a učebnice mají doložky MŠMT.

V učebnicích určených pro základní školy je učivo typicky uváděno stručně a pouze základní pojmy jako dědičnost, DNA, gen a genetika, některé pouze opisem. V učebnicích pro střední vzdělávání je už genetice věnován mnohem větší prostor. Učivo je hlavně v titulech určených pro gymnázia velmi detailně a široce rozvedeno. Jednotlivé pojmy jsou uváděny přímo (nikoli opisem) a popsány detailněji.

Klasická mendelovská genetika je stále dominujícím prvkem (tedy příklady mono a dihybridního křížení, základní alelové interakce), ale v učebnicích se již četně objevuje i pestřejší užití poznatků genetiky a technologie genového inženýrství s vysvětlením jeho mechanismu. Příklady mnohem běžnějšího a více rozšířeného využití genetických poznatků, jako je užití v kriminalistice nebo vědních oborech, jsou ale méně rozvedené a ani stručná podstata jejich metodiky není až na výjimky osvětlená (viz obr. 3 a 4). Především učebnice pro ZŠ často odkazují na v reálu spíše méně využívané, ale značně zpopularizované, laboratorní metody jako klonování živočichů.

Z pojmové analýzy také vyplývá, že proces buněčného dělení je s genetikou více spjat až v učebnicích pro SŠ. Samotný proces dělení buněk a jeho fáze nejsou v učebnicích pro ZŠ nijak více rozvedeny (maximálně jednoduše ilustrovány) a pojmy jako meióza a mitóza nejsou ve většině případů ani jmenovány. V učebnicích pro SŠ se již setkáme s detailním popisem procesů meiózy (včetně crossing-overu) a mitózy.



Obr. 5: Obsah učebnic pokrývající učivo centrálního dogmatu genetiky v současnosti používaných edicích učebnic přírodopisu pro druhý stupeň ZŠ a analogické ročníky víceletých gymnázií. U každého titulu ($N = 26$) bylo sledováno: zavedení rozmnožování se vztahem k přenosu dědičné informace, uvedení lokalizace dědičné informace v jádru, funkce připisované buněčnému jádru a genetické informaci (DNA), zmínění funkce bílkovin a popis ribozomů, které je pomáhají tvořit

Dále byla sledována návaznost učiva a propojování poznatků genetiky do logického systému v současnosti užívaných učebnicích pro druhý stupeň ZŠ (a analogické ročníky víceletých gymnázií) (viz obr. 5). Učebnice s pouhou zmínkou nebo odstavcem věnovaným genetice byly téměř ve všech případech určeny pro 6. ročník, naopak učebnice obsahující celou kapitolu byly určené převážně pro ročník 8. Učebnice pro 7. ročník se v analýze až na jednu nevyskytují, neboť v nich učivo genetiky chybí.

Už z předchozí pojmové analýzy je patrné, že učebnice pro ZŠ postrádají vysvětlení převodu DNA na viditelné znaky. V širší analýze se následně ukázalo, že jen tři v současnosti užívané učebnice pro ZŠ z 26 titulů vůbec zmiňují roli DNA jako návodu na tvorbu bílkovin – *Přírodopis III* od Scientia pro 8. ročník (Dobruka et al., 1999), *Přírodopis pro 9. ročník* od Jinan a *Ekologický přírodopis pro 9. ročník* od Fortuna (Kočárek & Kočárek, 1996; Kvasničková et al., 2000).

Funkce bílkovin v učebnicích pro 6. (a 7.) ročník chyběla u všech kromě dvou titulů – *Přírodopis I* od Scientia (Dobruka et al., 1997) a *Přírodopis 6* od Prodosu (Dančák & Sedlářová, 2011). Pokud byly bílkoviny uvedeny, tak pouze jako jedna ze součástí živých soustav. Jejich funkce byla uváděna až později u učebnic pro 8. ročník, kromě titulu *Přírodopis 3 pro 8. ročník* od SPN (Černík et al., 2003), a specifikována jako stavební, resp. sloužící k růstu organismu, případně i obnovy tkání. Jako konkrétní příklad lokalizace bílkovin v těle byla u všech učebnic pro 8. ročník uvedena alespoň krevní plazma (případně i svaly, kosti nebo jiné pojivové tkáně). Samotné funkce bílkovin byly uváděny v rámci kapitol o výživě a nikoli jako součást učiva genetiky. Ve většině učebnic pro 9. ročníky byly bílkoviny zmíněny v kapitole o vzniku života na Zemi jako zásadní součást budoucích živých buněk, a to i u titulů, které jinak učivo genetiky neobsahovaly, ale opět bez propojení s dalším učivem.

Funkce jádra byly ve všech případech bodově popsány v učebnicích pro 6. ročník v rámci učiva buňky (alespoň formou, že jádro je řídící organela), nebyly však nijak hlouběji vysvětleny tam ani v učebnicích pro vyšší ročníky, kde se často ani nevyskytovaly (zmíněny byly pouze v pětině učebnic pro 8. nebo 9. ročníky). Podobným způsobem byly začleněny i ribozomy – stručně a pouze v rámci učiva buňky jako jednotky tvorby bílkovin bez návaznosti na další učivo (tedy procesy v buňce a organismu) a bez hlubšího vysvětlení, za jakým účelem svou funkci vůbec vykonávají.

Co se týká funkcí DNA uvedených v učebnicích, převažuje stručná informace, že jde o návod pro znaky organismu. V učebnicích obsahujících celou kapitolu o genetice (pro 8. a 9. ročník) jsou tyto znaky specifikovány hlavně jako znaky vizuální než funkční. Ze 13 titulů 11 explicitně uvádělo jako příklad dědičných znaků barvu vlasů nebo očí. Učebnice tedy uvádí snadno pozorovatelný znak, který je názorný, ale už explicitně nezmiňují, že i vznik samotného vlasu nebo oka, tedy i schopnosti vidět, je geneticky podmíněn.

Pojem mutace byl zaveden v 8 učebnicích, z nichž čtyři tento pojem uváděly pouze v negativní konotaci (tzn. mutace způsobují vznik genetických onemocnění), zbylé čtyři zmiňovaly i důležitost mutací při vzniku nových znaků v evoluci. U genetických onemocnění pak chybí některé v populaci časté a také medializované typy jako laktózová intolerance nebo Leidenská mutace.

Genetika je také úzce spjatá s rozmnožováním. V rámci kapitol o lidské pohlavní soustavě genetika ale chyběla, nebo byla zmíněna jen heslovitě (např. při rozmnožování dochází k předání genů, genetika dvojčat nebo počet chromozomů člověka). I genetické určení pohlaví, pokud bylo uvedeno, bylo až v kapitole o genetice. Na druhou stranu u titulů obsahujících kapitolu zaměřenou na genetiku (celkem 13 učebnic) uvádělo vztah mezi genetickou informací a nepohlavním rozmnožováním (buněčným dělením) 9 titulů, dopad pohlavního rozmnožování na genetickou informaci potomka pak 11 titulů, četně i s ilustrací procesů dělení.

Za zmínku pak stojí i to, že v některých titulech pro ZŠ vede zjednodušený výklad učiva k zavádějícím formulacím. Příkladem je uvádění monogenní dědičnosti u polygenních znaků (rolování jazyka a barva očí) nebo nevhodný popis recesivity a dominance genů, viz například str. 110 v *Přírodopise 8* od Frause (Pelikánová et al., 2016) a str. 106 v *Přírodopise 8: Biologie člověka* od Nové školy, s. r. o. (Drozdová et al., 2009).

5 Diskuze

Učivo genetiky se začalo v učebnicích v rámci českých zemí objevovat až během 30. let 20. století, a to jen ve vysokoškolském vzdělávání. Na základních a středních školách bylo zavedeno pouze učivo buněčné biologie (buněčné dělení a význam jádra, často pouze zmínkou) a samotná klasická genetika nebyla součástí učebních textů, až na jednu výjimku (Pastejřík, 1936). Možným důvodem bylo fenologické zaměření kurikula (Podroužek, 2011). Na druhou stranu tak díky tomu nejspíš nedocházelo k přejímání negativních zahraničních trendů, jakými byla například eugenika.

V období po 2. světové válce byla genetika v učebnicích základních škol pouze ve formě Mičurinské biologie. Až Usnesení Vlády ČSSR na podporu genetiky z roku 1966 podnítilo návrat učiva na střední a plně i vysoké školy (Matalová & Sekerák, 2004). V kurikulu základních škol se tak moderní poznatky genetiky objevují až na konci 70. let 20. století (*Učební osnovy základní školy: Přírodopis pro 5.–8. ročník*, 1978). Po této etapě však již nové učebnice z 80. let obsahovaly v té době aktuální poznatky klasické i molekulární genetiky, a to učebnice pro ZŠ i SŠ. Díla z tohoto období určená pro gymnázia nebo vysoké školy jsou i dnes stále hodnotnými a kvalitními zdroji informací o základních principech genetiky. Ačkoli měla ideologie prokazatelný vliv na šíři i obsah učiva genetiky, podařilo se toto učivo úspěšně rehabilitovat a během necelých tří dekád od zavedení sovětských osnov se učivo genetiky plně dostalo i do nových osnov pro základní vzdělávání.

Současné učebnice obsahují již všechny moderní poznatky základů genetiky. Učivo zavádí už na druhém stupni ZŠ a jeho obsah je v souladu s požadavky národního kurikula (RVP) (NÚV, 2017; VÚP, 2007), vzhledem k jeho stručnosti je šíře učiva výrazně větší. Především v případě učebnic pro ZŠ a některých titulů pro střední odborné školy se zkráceným biologickým kurikulem je otázkou, nakolik je podání učiva nápomocné při plnění výstupů RVP (NÚV, 2017, 2019) (viz Příloha 1). Z analýzy v současnosti užívaných učebnic vyplývá několik zásadních problémů.

Spolu s dalšími evropskými státy sdílíme nevhodné rozložení učiva napříč ročníky (Knippels et al., 2005). Současná podoba zavádí pojem dědičná či genetická informace již v 6. ročníku. Další učivo genetiky se ale objevuje po dlouhé odmlce v 8. ročníku. Genetika člověka pouze povrchně navazuje na předchozí úvod zmíněním lokalizace jádra, ale často ani neuvádí, nebo nijak nevysvětluje funkce jádra uvedené v 6. ročníku (řízení buňky a podíl na rozmnožování). Na druhou stranu určitou návaznost na učivo rozmnožování najdeme až v polovině učebnic pro ZŠ, byť ne vždy je popis rozdílů mezi pohlavním a nepohlavním rozmnožováním dostatečně explicitní. Naprostá většina žáků na ZŠ i absolventů SŠ tak vykazuje porozumění minimálně tomu, že při pohlavním rozmnožování získává každý potomek od každého ze dvou rodičů polovinu své sady dědičné informace (Machová, 2019; Machová & Ehler, 2019). V případě nepohlavního rozmnožování už část z nich nedokáže vyjádřit, že potomek je geneticky klonem rodiče (Machová, 2019; Machová & Ehler, 2019).

Chybějící návaznost některých částí učiva není jen problémem učebnic. Rozložení učiva v učebnicích se promítá i do jeho uspořádání v ŠVP základních škol (Machová, 2019) a izolovanost učiva genetiky se projevuje i v národním kurikulu a v ŠVP škol středních (Janštová & Jáč, 2015).

V učebnicích hlavně pro ZŠ pak výrazně chybí propojení uváděných úrovní biologické organizace. Ačkoli popisují existenci DNA na buněčné úrovni a obecně i její vliv na organismus, nijak tyto dvě úrovně explicitně nespojují. Mechanismus vzniku znaků dle DNA, tedy DNA jako návod na výrobu bílkovin a jejich následné funkce v těle, není v učebnicích popsán, nebo je v textu skrytý. Na příkladu

ribozomů je také vidět, že učebnice zavádějí i pojmy, které plně nevysvětlí, ani dále nevztáhnou k dalšímu učivu. Zcela tak chybí jakákoli podpora systémového myšlení žáků, které je jednou z důležitých a žádaných schopností absolventů všeobecného vzdělávání (Gilissen et al., 2020).

Samotná povaha a funkce bílkovin jsou přitom v učebnicích pro ZŠ i SŠ popsány, ale u učebnic pro ZŠ, včetně učebnice *Základy biologie a ekologie* od Fortuny pro SŠ (Kvasničková, 2014), spíše povrchně, uvedeno je málo příkladů jejich funkcí a v naprosté většině případů nejsou ani bílkoviny součástí učiva genetiky, ale kapitol o výživě nebo vzniku a složení živých organismů.[4] Stejně tak význam DNA v učebnicích pro ZŠ najdeme jako tvorba znaků organismu, ale chybí širší vysvětlení vlivu DNA na zachování životních funkcí (ať už pohybu, metabolismu i řízení bílkovinnými hormony a dalších) zajišťovaných během celého života organismu, nikoli pouze během utváření jeho podoby v zárodečné linii.

Učebnice, především ty pro ZŠ, tak nespojitostí informací a jejich neúplností vytváří tři zcela uměle oddělené linie učiva genetiky: (1) jádro jako řídící organelu buňky, (2) genetickou informaci (DNA) jako návod na vlastnosti organismu a (3) bílkoviny pouze jako součást potravy a stavební materiál těla. Z takto kusých informací je pro žáka poměrně těžké sestavit esenciální trojúhelník vztahů vycházející z centrálního dogmatu molekulární biologie: „DNA–bílkovina–znak“ (Duncan et al., 2009; Knippels et al., 2005).

Učebnice pro gymnázia sice proteosyntézu (vznik bílkovin podle DNA) i funkce bílkovin rozvádějí velmi detailně, ale značně deskriptivně, což žáky snadno přehltí novými pojmy na úkor pochopení podstaty věci. Četné miskoncepce zjištěné u studentů českých gymnázií jsou nejspíše důsledkem tohoto, neboť ač se zvládnou nové učivo namemorovat, stále postrádají schopnost jeho aplikace a propojení poznatků (Vlčková et al., 2016).

DNA přitom není pouze návodem na výrobu proteinů, má také rozsáhlé regulační funkce a ovlivňuje samotný proces genové exprese (Gayon, 2016; Portin, 2002), což často opomíjejí i zahraniční učebnice pro SŠ (Albuquerque et al., 2008; Castéra et al., 2008). Nicméně tyto poznatky je logicky obtížné zavádět v situaci, kdy žáci plně nechápou ani základ toho, k čemu DNA v jejich těle slouží.

Dá se tedy říct, že zatímco zahraničním učebnicím je vytýkáno zastaralé deterministické pojetí genetické informace (zjednodušeně „jeden gen = jeden znak“), naše učebnice především pro ZŠ ještě ani plně nedosáhly stupně, kdy je tento mechanismus dostatečně vysvětlen. To, že je řídící funkce buňky typicky přisuzována jádru a nikoli DNA, snadno vede k tomu, že žáci ani učitelé z učebnice nemůžou explicitně vyčíst spojení mezi výrobou proteinů a DNA ani spojení s funkcemi regulace genové exprese (nebo alespoň řízení organismu výrobou hormonů bílkovinné povahy dle návodu v DNA) (Machová, 2019).

Ke správnému pochopení tohoto procesu je navíc nutná vhodná vizuální reprezentace (Marbach-Ad et al., 2008; Starbek et al., 2010). A právě kvalita a množství ilustrací se sice výrazně s lety zlepšují, ale stále vykazují četné nedostatky. Tituly vydané v 90. letech, které se dnes stále vyskytují na trhu (jako řady Scientia nebo Ekologický přírodopis od Fortuny), neprošly od prvního vydání žádnou výraznou aktualizací grafického obsahu i přesto, že dnes je možné získat kvalitní fotografie nebo schémata i bezplatně či s využitím volných licencí.[5] Učebnice pro střední školy mají ilustrace častěji černobílé a více schematické oproti ilustracím v učebnicích pro ZŠ (Machová, 2017). Věk žáků, kterým je učebnice určena, by ale kvalitu grafického zpracování rozhodně nijak ovlivňovat neměl.

Následkem všech těchto nedostatků je pak nejspíše povrchní představa o funkcích DNA a neschopnost vyjádření jejího plného významu pro život spolu s četnou řadou miskoncepcí, což jsou velmi rozšířené problémy mezi žáky ZŠ, studenty a absolventy českých středních škol (Machová, 2019; Machová & Ehler, 2019; Vlčková et al., 2016). Mylné chápání učiva genetiky je celosvětový fenomén (Lewis & Kattmann, 2004; Stern & Kampourakis, 2017), miskoncepce jsou poměrně trvalé a můžeme je najít i u studentů učitelských oborů (Dikmenli, 2010; Ozcan et al., 2012). Lze se jen domnívat, kolik jich sami nakonec přenášejí do praxe.

Řešení tohoto problému v českém prostředí by přitom na základě provedené analýzy nemuselo být příliš komplikované: především včas, jednoduše, bez přebytečných detailů a pojmů, explicitně a ideálně s ilustracemi vyjádřit spojení mezi DNA, výrobou bílkovin a jejich funkcemi v těle. Jedině na tomto základu je dnes možné budovat složitý a objemný systém dalších poznatků genetiky.

Učebnice přírodopisu a biologie by se tak po zpracování jejich nalezených nedostatků mohly stát jedním z hlavních nástrojů, jak pozitivně ovlivnit chápání základů genetiky. A to jako zdroj didakticky vhodného příkladu transformace takto důležitého učiva, který bude žákům maximálně srozumitelný, přístupný a užitečný jako rychlý návod i pro jejich učitele.

[4] Je třeba podotknout, že toto učivo je součástí RVP a vyskytuje se v rámci učiva organické chemie (VÚP, 2007).
[5] Dnes typicky běžně užívané licence Creative Commons (viz https://creativecommons.org/licenses/?lang=cs).

6 Závěr

Vývoj učebnic přírodopisu ušel od začátku minulého století dlouho cestu a mnoho se z dnešního pohledu zlepšilo. Učivo genetiky se podařilo úspěšně rehabilitovat i po tvrdém zásahu v 50. letech a ještě před sametovou revolucí bylo úspěšně doplněno o všechny moderní poznatky, na základě kterých se dále rozvíjí.

Daný okruh učiva je ale stále zatížen nepříliš vhodným způsobem pojetí, které je spíše deterministické a zcela neodráží současný výklad všech funkcí genetické informace. Důrazně nevysvětluje vznik znaků organismu na základě DNA a trpí také roztříštěností napříč ročníky.

Nemůžeme spoléhat na pomalé změny kurikulárních dokumentů a učebních materiálů. Je třeba v duchu vědomí těchto chyb již dnes vzdělávat budoucí i současné učitele, aby sami toto učivo zvládli správně pojmout teoreticky i prakticky a byli schopni ho integrovat v rámci systému ostatních biologických věd a jejich poznatků a vhodně didakticky transformovat svým žákům.

Literatura

Aivelo, T., & Uitto, A. (2015). Genetic determinism in the Finnish upper secondary school biology textbooks. *Nordic Studies in Science Education*, *11*(2), 139–152. https://doi.org/10.5617/nordina.2042

Albuquerque, P. M., de Almeida, A. M. R., & El-Hani, N. C. (2008). Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks. *Science Education International*, *19*(2), 219–234.

Avery, O. T., MacLeod, C. M., & McCarty, M. (1944). Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from pneumococcus type III. *The Journal of Experimental Medicine*, *79*(2), 137–158.

Bartušek, V. (1933). *Rostlinopis se všeobecným závěrem botaniky.* Československá grafická unie.

Bašovská, M., Halásová, R., Nečas, O., Pastýrik, L., Trojanová, M., Šmarda, J., Boháč, I., & Stoklasa, J. (1985). *Biologie pro II. ročník gymnázií.* SPN.

Bateson, P. (2002). William Bateson: A biologist ahead of his time. *Journal of Genetics*, *81*(2), 49–58. https://doi.org/10.1007/BF02715900

Bigelow, M. A., & Bigelow, A. N. (1911). *Applied biology; An elementary textbook and laboratory guide.* The MacMillan Company. Dostupné z https://archive.org/details/appliedbiologyel00bigerich/page/n15/mode/2up

Bigelow, M. A., & Bigelow, A. N. (1913). *Introduction to biology: An elementary textbook and laboratory guide.* The MacMillan Company. Dostupné z https://archive.org/details/introductiontob00bigegoog/mode/2up

Boháč, I., et al. (1978). *Význační biologové: Výběr portrétů pro ZDŠ a školy II. cyklu* (J. Chalašová & M. Šmídová (Eds.)). Komenium, n. p.

Borinskaya, S. A., Ermolaev, A. I., & Kolchinsky, E. I. (2019). Lysenkoism against genetics: The meeting of the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences of August 1948, its background, causes, and aftermath. *Genetics*, *212*(1), 1–12. https://doi.org/10.1534/genetics.118.301413

Bouček, B., Junger, A., Kratochvíl, V., Pospíšil, J., Meisner, J., Burian, Z., Demartini, E., Hachlová, E., & Kotrba, E. (1955). *Základy darwinismu: Učební text pro 10. postupný ročník jedenáctileté střední školy a pro pedagogické školy.* SPN.

Brožek, A. (1930). *Rostlinopis: svazek V. – nauka o dědičnosti* (S. Prát (Ed.)). Aventinum.

Burian, R. M. (2013). On gene concepts and teaching genetics: Episodes from classical genetics. *Science and Education*, *22*(2), 325–344. https://doi.org/10.1007/s11191-011-9367-y

Campbell, J. H. (1893). *Textbook of elementary biology.*

Caspari, E. W., & Marshak, R. E. (1965). The rise and fall of Lysenko. *Science*, *149*(3681), 275–278. https://doi.org/10.1126/science.149.3681.275

Castéra, J., Abrougui, M., Nisiforou, O., Turcinaviciene, J., Sarapuu, T., Agorram, B., Calado, F., & Carvalho, G. (2008). Genetic determinism in school textbooks: A comparative study conducted among sixteen countries. *Science Education International*, *19*(2), 163–184.

Crow, E. W., & Crow, J. F. (2002). 100 Years ago: Walter Sutton and the chromosome theory of heredity. *Genetics*, *160*(1), 1–4.

Curtis, F. D., & Urban, J. (1953). *Biology in daily life.* Ginn and co. Dostupné z https://archive.org/details/biologyindailyli00curt/mode/2up

Černík, V., Bičík, V., & Martinec, Z. (2004). *Přírodopis 1 pro 6. ročník: zoologie, botanika.* SPN.

Černík, V., Bičík, V., & Martinec, Z. (2003). *Přírodopis 3 pro 8. ročník základní školy: biologie člověka se základy etologie a genetiky.* SPN.

Dančák, M., & Sedlářová, M. (2011). *Přírodopis 6: vývoj života na Zemi – obecná biologie – biologie hub.* Prodos.

Dastur, A., & Tank, P. (2010). Gregor Johann Mendel: The father of modern genetics. *Journal of Prenatal Diagnosis and Therapy*, *1*(1), 3.

Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essays*, *5*(2), 235–247. https://doi.org/10.5897/SRE.9000654

Dobruka, L. J., Cílek, V., Hasch, F., & Storchová, Z. (1997). *Přírodopis I pro 6. ročník základní školy.* Scientia.

Dobruka, L. J., Vacková, B., Králová, R., & Bartoš, P. (1999). *Přírodopis III pro 8. ročník základní školy.* Scientia.

dos Santos, V. C., Joaquim, L. M., & El-Hani, C. N. (2012). Hybrid deterministic views about genes in biology textbooks: A key problem in genetics teaching. *Science and Education*, *21*(4), 543–578. https://doi.org/10.1007/s11191-011-9348-1

Drozdová, E., Klinkovská, L., & Lízal, P. (2009). *Přírodopis 8: Biologie člověka.* Edice Duhová řada. Nová škola, s. r. o.

Duncan, R. G., & Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(7), 938–959. https://doi.org/10.1002/tea.20186

Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 655–674. https://doi.org/10.1002/tea.20312

Fairbanks, D. J., & Rytting, B. (2001). Mendelian controversies: A botanical and historical review. *American Journal of Botany*, *88*(5), 737–752. https://doi.org/10.2307/2657027

Fleischmann, J., Linc, R., Dostál, P., & Rošická, L. (1982). *Přírodopis 7: Pro 7. Ročník základní školy.* SPN.

Freidenreich, H. B., Duncan, R. G., & Shea, N. (2011). Exploring middle school students' understanding of three conceptual models in genetics. *International Journal of Science Education*, *33*(17), 2323–2349. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.536997

Gayon, J. (2016). From Mendel to epigenetics: History of genetics. *Comptes Rendus – Biologies*, *339*(7–8), 225–230. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2016.05.009

Gericke, N. M., & Hagberg, M. (2007). Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. *Science and Education*, *16*(7–8), 849–881. https://doi.org/10.1007/s11191-006-9064-4

Gilissen, M. G. R., Knippels, M. C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, 1–28. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1755741

Goncharov, N. P., & Savel'ev, N. I. (2016). Ivan V. Michurin: On the 160th anniversary of the birth of the Russian Burbank. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, *6*(1), 105–127. https://doi.org/10.1134/S2079059716010068

Graham, L. R. (2016). *Lysenko's Ghost: Epigenetics and Russia.* Harvard University Press.

Greger, D. (2005). Proces schvalování učebnic v historickosrovnávací perspektivě. *Pedagogická orientace*, *15*(3), 112–117.

Groulík, J., Úlehla, J., Hampl, R., Broul, F., & Úlehla, V. (1936). *Přírodopis pro II. třídu měšťanských škol.* R. Promberger.

Hainer, V., Hnízdo, A., Ličková, M., & Trávníček, T. (1972). *Přírodopis pro 8. ročník základních devítiletých škol (Biologie člověka).* SPN.

Hogg, J. C., Davis, S. G., Cross, Ju. B., Vordenberg, K. E., & Meyer, E. (1965). *Basic science for secondary schools.* D. Van Nostrand Company (Canada).

Hrubý, K. (1961). *Genetika.* Nakladatelství Československé akademie věd.

Janík, T., Najvar, P., Najvarová, V., & Píšová, J. (2007). Uplatnění didaktických prostředků a médií ve výuce fyziky (se zvláštním zřetelem k učebnicím). In J. Maňák, & P. Knecht (Eds.), *Hodnocení učebnic* (s. 82–97). Paido.

Janštová, V., & Jáč, M. (2015). Teaching molecular biology at grammar schools: Analysis of the current state and potential of its support. *Scientia in educatione*, *6*(1), 14–39. https://doi.org/10.14712/18047106.145

Jeník, J., Pazourek, J., Roubal, J., Střihavková, H., & Šmídová, M. (1967). *Botanika pro 1. ročník středních všeobecně vzdělávacích škol.* SPN.

Jeník, J., Pazourek, J., Roubal, J., Střihavková, H., & Šmídová, M. (1977). *Botanika pro II. ročník gymnázií.* SPN.

Kábrtová, J. (2006). *Vydavatelé a nakladatelé: (Shoda a rozdíl ve vydávání periodik a neperiodik)* [Bakalářská práce]. Univerzita Karlova. Dostupné z https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/130175067

Knippels, M. C. P. J., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, *39*(3), 108–112. https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976

Kočárek, E., & Kočárek, E. (2000). *Přírodopis pro 8. ročník základní školy.* Jinan.

Kolchinsky, E. I., Kutschera, U., Hossfeld, U., & Levit, G. S. (2017). Russia's new Lysenkoism. *Current Biology*, *27*(19), R1042–R1047. https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.07.045

Konířová, M. (2005). *PŘÍRODOZPYT: Soupis učebnic přírodozpytu ve sbírce oddělení dějin školství Muzea Komenského v Přerově, p. o.* Muzeum Komenského v Přerově, p. o., oddělení dějin školství.

Kroeber, E., & Wolff, W. H. (1938). *Adventures with living things: A general biology.* D. C. Heath and company.

Kvasničková, D. (2014). *Základy biologie a ekologie* (4. vyd.). Fortuna.

Kvasničková, D. (1991). *Základy ekologie* (3. vyd.). SPN.

Kvasničková, D. (2010). *Základy ekologie* (3. vyd.). Fortuna.

Kvasničková, D., Jeník, J., Tonika, J., & Froněk, J. (1996). *Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky gymnázií.* Fortuna.

Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: Re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, *26*(2), 195–206. https://doi.org/10.1080/0950069032000072782

Lundin, J., & McCarthy, M. (Eds.). (1989). *Secondary textbook review: Biology and life science. Grades nine through twelve.* California State Department of Education. Dostupné z https://archive.org/details/ERIC_ED315285/page/n3/mode/2up

Machová, M. (2017). *Přehled výuky genetiky na ZŠ a gymnáziích* [Diplomová práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Machová, M. (2019). Genetics in the perspective of Czech lower-secondary schools: Misconceptions and solutions. In M. Rusek, M. Tóthová, & K. Vojíř (Eds.), *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVII* (pp. 104–110). Charles University – Faculty of Education. Dostupné z https://pages.pedf.cuni.cz/pbe/files/2020/05/PBE_2019_final.pdf

Machová, M., & Ehler, E. (2019). Revealing students' misconceptions about basics of molecular biology and genetics. In J. Fejfar, M. Fejfarová, M. Flégl, J. Husák, & I. Krejčí (Eds.), *Proceedings of the 16th International Conference Efficiency and Responsibility in Education 2019* (pp. 394–400). Czech University of Life Sciences Prague.

Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, *35*(4), 183–189. https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655775

Marbach-Ad, G., Rotbain, Y., & Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(3), 273–292. https://doi.org/10.1002/tea.20222

Marks, J. (2008). The construction of Mendel's laws. *Evolutionary Anthropology*, *17*(6), 250–253. https://doi.org/10.1002/evan.20192

Martínez-Gracia, M. V., Gil-Quílez, M. J., & Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, *40*(2), 53–60. https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656014

Martínez Aznar, M., & Ibáñez Orcajo, T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, *27*(1), 101–121. https://doi.org/10.1080/09500690410001673801

Martins, L. A. C. P. (1999). Did Sutton and Boveri propose the so-called Sutton-Boveri chromosome hypothesis? *Genetics and Molecular Biology*, *22*(2), 261–271. https://doi.org/10.1590/s1415-47571999000200022

Matalová, A., & Sekerák, J. (2004). *Genetika za železnou oponou: Její potlačování a reinstitucionalizace v Československu.* Moravské zemské muzeum.

Mendel, J. G. (1866). Versuche über Pflanzen-Hybriden. *Verhandlungen Des Naturforschenden Vereines in Brünn*, *4*, 3–47.

Miescher, F. (1871). Über die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen. *Medicinisch-Chemische Untersuchungen*, *4*, 441–460.

Monaghan, F., & Corcos, A. (1984). On the origins of the Mendelian laws. *Journal of Heredity*, *75*(1), 67–69. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a109868

Moon, T. J. (1926). *Biology for beginners*. Henry Holt & Co.

Moon, T. J., Mann, P. B., & Otto, J. H. (1947). *Modern biology*. Henry Holt & Co. Dostupné z https://archive.org/details/modernbiology00moon_0/mode/2up

Moore, R. (2001). The "rediscovery" of Mendel's work. *Bioscene*, *27*(2), 13–24.

Morgan, A. H. (1955). *Kinships of animals and man; a textbook of animal biology*. McGraw-Hill Book Company. Dostupné z https://archive.org/details/kinshipsofanimal00morg/mode/2up

Nečas, O., Řezáčová, K., & Rytina, V. (1989). *Biologie: učebnice pro lékařské fakulty*. Avicenum/Osveta.

NÚV. (2017). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. MŠMT. Dostupné z https://www.msmt.cz/file/43792/

NÚV. (2019). *RVP pro střední odborné vzdělávání*. MŠMT. Dostupné z http://www.nuv.cz/t/rvp-os

Orel, V. (2003). *Gregor Mendel a počátky genetiky*. Academia.

Osman, E., BouJaoude, S., & Hamdan, H. (2017). An investigation of Lebanese G7-12 students' misconceptions and difficulties in genetics and their genetics literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(7), 1257–1280. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9743-9

Ozcan, T., Yildirim, O., & Ozgur, S. (2012). Determining of the university freshmen students' misconceptions and alternative conceptions about mitosis and meiosis. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, *46*(January), 3677–3680. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.126

Pastejřík, J. (1936). *Přírodopis (užitá biologie) pro jednoroční učebné kursy (IV. třídy) při měšťanských školách*. Komenium.

Pauk, F., Augusta, J., Dvořák, J., Smolíková, L., & Vodička, A. (1972). *Přírodopis 9: Mineralogie, geologie, vývoj života* (8. vyd.). SPN.

Pauk, F., Augusta, J., Dvořák, J., Smolíková, L., & Vodička, A. (1980). *Přírodopis 9: Mineralogie, geologie, vývoj života* (16. vyd.). SPN.

Pelikánová, I., Skýbová, J., Markvartová, D., Hejda, T., Vančata, V., & Hájek, M. (2016). *Přírodopis 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia – nová generace*. Fraus.

Peters, T. (2014). *Playing God?: Genetic determinism and human freedon*. Routledge.

Podroužek, L. (2011). Problematika vymezování a koncipování učiva přírodopisu v kurikulárních dokumentech základní školy z vývojového hlediska. *Arnica*, *1*, 7–14.

Portin, P. (2002). Historical development of the concept of the gene. *Journal of Medicine and Philosophy*, *27*(3), 257–286. https://doi.org/10.1076/jmep.27.3.257.2980

Portin, P. (2014). The birth and development of the DNA theory of inheritance: Sixty years since the discovery of the structure of DNA. *Journal of Genetics*, *93*(1), 293–302. https://doi.org/10.1007/s12041-014-0337-4

Prochazka, L. de S., & Franzolin, F. (2018). A genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético. *Ciência & Educação (Bauru)*, *24*(1), 111–124. https://doi.org/10.1590/1516-731320180010008

Průcha, J. (1996). *Alternativní školy* (2. vyd.). Portál.

Řehák, B. (1935). *Botanika pro vyšší třídy středních škol a učitelské ústavy*. Česká grafická unie.

Resnik, D. B., & Vorhaus, D. B. (2006). Genetic modification and genetic determinism. *Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine*, *1*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/1747-5341-1-9

Reznik, S., & Fet, V. (2019). The destructive role of Trofim Lysenko in Russian science. *European Journal of Human Genetics*, *27*(9), 1324–1325. https://doi.org/10.1038/s41431-019-0422-5

Richmond, M. L. (2001). Women in the early history of genetics. William Bateson and the Newnham College Mendelians, 1900–1910. *Isis; an International Review Devoted to the History of Science and Its Cultural Influences*, *92*(1), 55–90. https://doi.org/10.1086/385040

Romanovský, A., Činčerová, A., Čížek, F., Dvořák, P., Kaprálek, F., Kubišta, V., Nedvídek, J., Opatrný, Z., Pazourek, J., Pikálek, P., Seifert, J., Slavíková, Z., Váňa, J., & Závada, V. (1985). *Obecná biologie*. SPN.

Roseman, J. E., Stern, L., & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(1), 47–70. https://doi.org/10.1002/tea.20305

Rosický, F. V., & Rosický, J. (1909). *Rostlinopis pro ústavy ku vzdělání učitelů a učitelek*. Česká grafická unie. Dostupný z https://kramerius5.nkp.cz/view/uuid:71338181-75b5-4d35-8eb5-689dae67a100?page=uuid:d759e7f0-43d5-11ea-bc55-5ef3fc9bb22f

Rosypal, S., Rosypalová, A., & Vondrejs, V. (1983). *Molekulární genetika.* SPN.

Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A. R., & Ayas, A. (2006). A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: How do they image the gene, DNA and chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, *15*(2), 192–202. https://doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6

Schwarzbach, E., Smýkal, P., Dostál, O., Jarkovská, M., & Valová, S. (2014). Gregor J. Mendel – genetics founding father. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, *50*, 43–51. Dostupné z https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/124110.pdf

Sikorová, I., & Červenková, Z. (2007). Užívání učebnic a jiných textových materiálů ve výuce na základních školách a gymnáziích. In R. Jandová (Ed.). *Svět výchovy a vzdělávání v reflexi současného pedagogického výzkumu. Sborník z XV. konference ČAPV* [CD–ROM]. PdF JU.

Sikorová, Z. (2008). Role užívání učebnic jako výzkumný problém. In P. Knecht & T. Janík (Eds.), *Učebnice z pohledu pedagogického výzkumu* (s. 53–62). Paido.

Šmarda, J., Nečas, O., Boháč, I., & D., K. (1976). *Obecná biologie: Pro IV. ročník gymnázií.* SPN.

Smith, E. T. (1959). *Exploring biology: The science of living things* (P. F. Brandwein (Ed.)). Harcourt, Brace and Company. Dostupné z https://archive.org/details/exploringbiology00smit_0/page/n5/mode/2up

Sojfer, V. N. (2005). *Rudá biologie: Pseudověda v SSSR.* Stilus.

Starbek, P., Starčič Erjavec, M., & Peklaj, C. (2010). Teaching genetics with multimedia results in better acquisition of knowledge and improvement in comprehension. *Journal of Computer Assisted Learning*, *26*(3), 214–224. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00344.x

Stern, F., & Kampourakis, K. (2017). Teaching for genetics literacy in the post-genomic era. *Studies in Science Education*, *53*(2), 193–225. https://doi.org/10.1080/03057267.2017.1392731

Sturtevant, A. H. (2001). *A history of genetics.* CSHL Press.

Sutton, W. S. (1903). The chromosomes in heredity. *The Biological Bulletin*, *4*(5), 231–250. https://doi.org/10.5962/bhl.title.7458

Švácha, F. (1876). *Přírodopis živočišstva.* I. L. Kober.

Thörne, K., & Gericke, N. (2014). Teaching genetics in secondary classrooms: A linguistic analysis of teachers' talk about proteins. *Research in Science Education*, *44*(1), 81–108. https://doi.org/10.1007/s11165-013-9375-9

Trávníček, T., & Janda, F. (1965). *Biologie člověka pro III. ročník středních všeobecně vzdělávacích škol, přírodovědná větev.* SPN.

Trebichavský, I., & Šíma, P. (2019). Lysenkismus v Čechách. *Živa*, *1*, 7–9. Dostupné z https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pd/pdf/lysenkismus-v-cechach.pdf

Učební osnovy základní školy: Přírodopis pro 5.–8. ročník. (1978). (s. 55). SPN.

Valová, S. (2013). *Jaroslav Kříženecký a lysenkismus v Československu v letech 1948–1965* [Bakalářská práce]. Masarykova univerzita.

Vlach, V., & Krejčík, J. (1931). *Přírodopis pro jednoroční učebné kursy (IV. třídy) při měšťanských školách.* Česká grafická unie v Praze.

Vlčková, J., Kubiatko, M., & Usak, M. (2016). Czech high school students' misconceptions about basic genetic concepts: Preliminary results. *Journal of Baltic Science Education*, *15*(6), 738–745.

Vodička, A., Meisner, J., Vršanský, V., & Fügnerová, M. K. (1950). *Nauka o člověku: Učební text pro třetí třídu středních škol.* SPN.

Vojíř, K., & Rusek, M. (2018). Používání učebnic chemie na základních školách v České republice: Tvorba a pilotní ověření dotazníku. In M. Rusek, & K. Vojíř (Eds.), *Project-based education and other activating strategies in science education XVI* (pp. 180–193). Department of Chemistry and Chemistry Education, Charles University. Dostupné z https://pages.pedf.cuni.cz/pbe/files/2019/07/sbornikPBE2018_wos.pdf

VÚP. (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia.* Výzkumný ústav pedagogický v Praze. Dostupné z http://www.nuv.cz/file/159

Watson, J. D., & Crick, F. H. C. (1953). Molecular structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, *171*, 737–738.

Weldon, W. F. R. (1902). Mendel's Laws of Alternative Inheritance in Peas. *Biometrika*, *1*(2), 228. https://doi.org/10.2307/2331488

Wheat, F. M., & Fitzpatrick, E. (1929). *Advanced biology.* American Book Company. Dostupné z https://archive.org/details/ost-biology-advancedbiology00whearich/page/n5/mode/2up

Zippe, F. X. M. (1856). *Přírodopis pro nižší reálné školy.*

Příloha 1 Požadavky národního kurikula

Národní kurikulum ČR je od roku 2007 zavedeno v praxi ve formě Rámcového vzdělávacího programu (RVP) ve verzích pro základní školy, gymnázia a střední školy. Učivo genetiky je v těchto jednotlivých programech zahrnuto následovně (NÚV, 2017, 2007; VÚP, 2007):

Typ RVP	Učivo	Očekávané výstupy
RVP ZV	dědičnost a proměnlivost organismů – podstata dědičnosti a přenos dědičných informací, gen, křížení	• žák vysvětlí podstatu pohlavního a nepohlavního rozmnožování a jeho význam z hlediska dědičnosti • žák uvede příklady dědičnosti v praktickém životě a příklady vlivu prostředí na utváření organismů
RVP G	molekulární a buněčné základy dědičnosti, dědičnost a proměnlivost, genetika člověka, genetika populací	• žák využívá znalosti o genetických zákonitostech pro pochopení rozmanitosti organismů • žák analyzuje možnosti využití znalostí z oblasti genetiky v běžném životě
SŠ (obory J, H, M a L, L5)	Základy biologie – dědičnost a proměnlivost	• žák objasní význam genetiky

Příloha 2 Seznam učebnic vydaných po roce 1989 zahrnutých v analýze

Učebnice obsahující učivo genetiky:

A) Analyzován pouze rozsah učiva

- Benešová, M. (2003). *Odmaturuj! z biologie: Průvodce středoškolským učivem biologie*. Edice Odmaturuj. Didaktis.
- Berger, J. (1994). *Biologie v otázkách*. Havlíčkův Brod: Tobiáš.
- Berger, J. (1996). *Buněčná a molekulární biologie*. Edice Učebnice pro gymnázia a střední školy. Havlíčkův Brod: Tobiáš. ISBN 80-85808-42-0.
- Berger, J. (1998). *Ekologie: učebnice pro gymnázia a střední odborné školy*. České Budějovice: KOPP. ISBN 80-7232-013-0.
- Berger, J., Petrásek, R., & Šimek, V. (1995). *Fyziologie člověka a živočichů*. Edice Učebnice pro gymnázia a střední školy. Havlíčkův Brod: Tobiáš. ISBN 80-85808-33-1.
- Cibis, N., Dobler, H., Lauer, V., Meyer, R., Schmale, E., & Strecker, H. (1996). *Člověk: učebnice biologie člověka pro gymnázia a další střední školy*. Praha: Scientia. ISBN 80-7183-031-3.
- Čabradová, V., Hasch, F., Sejpka, J., & Vaněčková, I. (2003). *Přírodopis pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-211-X.
- Černík, V., Bičík, V., & Martinec, Z. (2004). *Přírodopis 1 pro 6. ročník: zoologie, botanika*. Praha: SPN. ISBN 80-7235-068-4.
- Černík, V., Hamerská, M., Martinec, Z., & Vaněk, J. (2007). *Přírodopis 6 pro základní školu: zoologie a botanika*. Praha: SPN. ISBN 978-80-7235-374-3.
- Černík, V., Martinec, Z., & Bičík, V. (1997). *Přírodopis 2 pro 7. ročník ZŠ: zoologie*. Praha: SPN. ISBN 80-85937-56-5.

- Černík, V., Martinec, Z., Vítek, J., & Vodová, V. (2010). *Přírodopis 9 pro základní školu: geologie a ekologie.* Praha: SPN. ISBN 978-80-7235-496-2.
- Dostál, P., Řeháček, Z., & Ducháč, V. (1994). *Kapitoly z obecné biologie.* Praha: SPN. ISBN 80-04-26070-5.
- Hančová, H., & Vlková, M. (1997). *Biologie v kostce I: obecná biologie, mikrobiologie, botanika, mykologie, ekologie, genetika.* Edice Maturita v kostce. Havlíčkův Brod: Fragment. ISBN 80-7200-059-4.
- Havlík, I. (1998). *Přírodopis pro 6. ročník.* Brno: Nová škola. ISBN 80-85607-77-8.
- Chalupová-Karlovská, V. (2004). *Obecná biologie: evoluce, biologie buňky, genetika s 558 řešenými otázkami.* Olomouc: Olomouc. ISBN 80-7182-174-8.
- Jelínek, J. (1996). *Biologie člověka a úvod do obecné genetiky* (2. doplněné vyd.). Olomouc: Olomouc. ISBN 80-7182-027-X.
- Jelínek, J. (1997). *Vybrané kapitoly z obecné biologie: pro střední školy gymnazijního typu.* Olomouc: Olomouc. ISBN 80-7182-047-4.
- Jelínek, J. (2011). *Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub.* Olomouc: Olomouc. ISBN 80-7182-026-1.
- Jelínek, J. (1993). *Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub.* Edice Učebnice do kapsy. Olomouc: FIN publishing. ISBN 80-85572-33-8.
- Jelínek, J., & Zicháček, V. (1996). *Biologie pro střední školy gymnazijního typu (teoretická část).* Olomouc: FIN publishing.
- Jelínek, J., & Zicháček, V. (1996). *Biologie pro střední školy gymnazijního typu (praktická část).* Olomouc: FIN publishing.
- Kincl, L., Kincl, M., & Jarklová, J. (2008). *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií* (4. přepracované vyd.). Praha: Fortuna.
- Kislinger, F., Laníková, J., Šlégl, J., & Žurková, I. (1995). *Biologie V.: Základy obecné biologie.* Gymnázium v Klatovech.
- Kočárek, E. (2012). *Biologie člověka 2. Edice Biologie pro gymnázia.* Praha: Scientia. ISBN 978-80-86960-48-7.
- Kočárek, E., & Kočárek, E. (2000). *Přírodopis pro 8. ročník základní školy.* Úvaly u Prahy: Jinan.
- Kvasničková, D. (1991). *Základy ekologie* (3. vyd.). Praha: SPN. ISBN 80-04-26511-1.
- Kvasničková, D., Faierajzlová, V., Froněk, J., & Pecina, P. (1995). *Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 7. ročník.* Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-274-8.
- Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1995). *Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 6. ročník – 2. část.* Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-222-5.
- Kvasničková, D., Jeník, J., Tonika, J., & Froněk, J. (2002). *Ekologický přírodopis 9: pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií* (2. vyd.). Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-670-0.
- Maleninský, M., Novák, J., Švecová, M., & Toběrná, V. (2006). *Přírodopis pro 7. ročník – zoologie 2, botanika 2: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií.* Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-86034-66-6.
- Maleninský, M., & Smrž, J. (1997). *Zoologie 1 – bezobratlí: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií.* Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-86034-14-3.
- Maleninský, M., & Škoda, B. (1997). *Botanika 1 – bakterie, řasy, houby: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií.* Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-86034-12-7.

- Maleninský, M., & Vacková, B. (2005). *Přírodopis pro 8. ročník – Člověk: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií.* Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-86034-41-0.
- Mudrychová, J. (2001). *Maturitní otázky: biologie.* Třebíč: Radek Veselý. ISBN 80-86376-02-8.
- Nečásek, J. (1997). *Genetika* (2. vydání). Praha: Scientia. ISBN 80-7183-085-2.
- Novák, J. A., & Jelínek, J. (1994). *Biologie člověka a úvod do obecné genetiky.* Edice Učebnice do kapsy. Olomouc: FIN publishing. ISBN 80-85572-57-5.
- Stockley, C. (1994). *Ilustrovaný přehled biologie.* Ostrava: BLESK. ISBN 80-85606-32-1.
- Šlégl, J., Kislinger, F., & Laníková, J. (2002). *Ekologie a ochrana životního prostředí pro gymnázia.* Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-828-2.
- Švecová, M., & Toběrná, V. (1998). *Botanika 2 – vyšší rostliny: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií.* Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-86034-28-3.
- Vaněčková, I., Skýbová, J., Markvartová, D., & Hejda, T. (2006). *Přírodopis 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia.* Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-428-7.
- Vieweghová, T. (2019). *Přírodopis 6: Úvod od přírodopisu* (2. upravené vyd.). Brno: Nová škola – DUHA. ISBN 978-80-88285-06-9.
- Žídková, H., & Knůrová, K. (2019). *Hravý přírodopis 9: učebnice pro 9. ročník ZŠ a víceletá gymnázia.* Praha: Taktik International. ISBN 978-80-7563-205-0.

B) Analyzován rozsah učiva a provedena pojmová analýza

I. Učebnice určené pro ZŠ

- Břicháčková, E., & Francová, M. (2019). *Přírodopis 8: Savci a člověk.* Edice Čtení s porozuměním. Brno: Nová škola – DUHA. ISBN 978-80-88285-07-6.
- Cílek, V., Matějka, D., Mikuláš, R., & Ziegler, V. (2000). *Přírodopis IV pro 9. ročník základní školy.* Praha: Scientia. ISBN 80-7183-204-9.
- Černík, V., Bičík, V., & Martinec, Z. (2003). *Přírodopis 3 pro 8. ročník základní školy: biologie člověka se základy etologie a genetiky.* Praha: SPN. ISBN 85-85937-97-2.
- Černík, V., Martinec, Z., & Vodová, V. (2009). *Přírodopis 8 pro základní školy: biologie člověka.* Praha: SPN. ISBN 978-80-7235-416-0.
- Dančák, M., & Sedlářová, M. (2011). *Přírodopis 6: vývoj života na Zemi – obecná biologie – biologie hub.* Olomouc: Prodos. ISBN 978-80-7230-257-4.
- Dobruka, L. J., Cílek, V., Hasch, F., & Storchová, Z. (1997). *Přírodopis I pro 6. ročník základní školy.* Praha: Scientia. ISBN 80-7183-092-5.
- Dobruka, L. J., Vacková, B., Králová, R., & Bartoš, P. (1999). *Přírodopis III pro 8. ročník základní školy.* Praha: Scientia. ISBN 80-7183-167-0.
- Drozdová, E., Klinkovská, L., & Lízal, P. (2009). *Přírodopis 8: Biologie člověka.* Edice Duhová řada. Brno: Nová škola, s. r. o. ISBN 80-7289-111-1.
- Kantorek, J., Jurčák, J., & Froněk, J. (2008). *Přírodopis 8.* Olomouc: Prodos. ISBN 80-7230-040-7.
- Kočárek, E., & Kočárek, E. (1998). *Přírodopis pro 6. ročník základní školy.* Úvaly u Prahy: Jinan. ISBN 80-238-2077-X.
- Kočárek, E., & Kočárek, E. (2001). *Přírodopis pro 9. ročník základní školy.* Úvaly u Prahy: Jinan. ISBN 80-86491-00-5.
- Kvasničková, D., Faierajzlová, V., Froněk, J., & Pecina, P. (1997). *Ekologický přírodopis pro 8. ročník základní školy* (2. vyd.). Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-477-5.

- Linc, R., Dostál, P., & Machová, J. (1994). *Přírodopis 7 pro 7. ročník základní školy.* 4. vydání (1. vydání ve Scientia). Praha: Scientia. ISBN 80-85 827-33-6.
- Maleninský, M., Smrž, J., & Škoda, B. (2004). *Přírodopis pro 6. ročník – Botanika 1, Zoologie 1: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií.* Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-86034-56-9.
- Musilová, E., Koněpotský, A., & Vlk, R. (2007). *Přírodopis 6: 1. díl – Úvod do učiva přírodopisu.* Edice Duhová řada. Brno: Nová škola, s. r. o. ISBN 80-7289-083-2.
- Navrátil, M. (2016). *Přírodopis 8: člověk.* Olomouc: Prodos. ISBN 978-80-7230-359-5.
- Pelikánová, I., Čabradová, V., Hasch, F., & Sejpka, J. (2014). *Přírodopis 6: učebnice základní školy a víceletá gymnázia – nová generace.* Plzeň: Fraus. ISBN 978-80-7489-009-3.
- Pelikánová, I., Skýbová, J., Markvartová, D., Hejda, T., Vančata, V., & Hájek, M. (2016). *Přírodopis 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia – nová generace.* Plzeň: Fraus. ISBN 978-80-7489-307-0.
- Žídková, H., & Knůrová, K. (2017). *Hravý přírodopis 6: učebnice pro 6. ročník ZŠ a víceletá gymnázia.* Praha: Taktik International. ISBN 978-80-7563-069-8.
- Žídková, H., & Knůrová, K. (2018). *Hravý přírodopis 8: učebnice pro 8. ročník ZŠ a víceletá gymnázia.* Praha: Taktik International. ISBN 978-80-7563-140-4.
- Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1999). *Ekologický přírodopis pro 7. ročník základní školy – 2. část* (2. vyd.). Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-440-6.
- Kvasničková, D., Jeník, J., Tonika, J., & Froněk, J. (1996). *Poznáváme život: přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky gymnázií.* Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-374-4.

II. Učebnice určené pro SŠ

- Benešová, M., Hamplová, H., Knotová, K., Lefnerová, P., Pfeiferová, E., Sáčková, I., & Satrapová, H. (2013). *Odmaturuj! z biologie.* Edice Odmaturuj (2. vyd.). Didaktis.
- Bumerl, J., Hrabě, M., Novotná, J., & Pinkava, I. (1997). *Biologie 1 pro střední odborné školy.* 4. vydání (v SPN 1. vydání). Praha: SPN. ISBN 80-85937-74-3.
- Bumerl, J., Hrabě, M., Novotná, J., & Pinkava, I. (1997). *Biologie 2 pro střední odborné školy.* 4. vydání (v SPN 1. vydání). Praha: SPN. ISBN 80-85937-75-1.
- Hančová, H., & Vlková, M. (2009). *Biologie v kostce: pro střední školy.* Edice Maturita v kostce. 2. vydání. Havlíčkův Brod: Fragment. ISBN 978-80-253-0606-2.
- Jelínek, J., & Zicháček, V. (2005). *Biologie pro gymnázia (teoretická a praktická část).* (8. vyd.). Olomouc: Olomouc.
- Kočárek, E. (2004). *Genetika: obecná genetika a cytogenetika, molekulární biologie, biotechnologie, genomika.* Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN 978-80-86269-86-4.
- Kočárek, E. (2010). *Biologie člověka 1. Edice Biologie pro gymnázia.* Praha: Scientia. ISBN 978-80-86960-47-0.
- Kubát, K., Kalina, T., Kováč, J., Kubátová, D., Prach, K., & Urban, Z. (2003). *Botanika* (2. vyd.). Praha: Scientia. ISBN 80-7183-266-9.
- Kubišta, V. (2000). *Obecná biologie pro gymnázia: úvodní učební text pro 1. ročník gymnázií* (3. vydání). Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-714-6.
- Kvasničková, D. (2014). *Základy biologie a ekologie* (4. vyd.). Praha: Fortuna. ISBN 978-80-7373-120-5.
- Kvasničková, D. (2010). *Základy ekologie* (3. vyd.). Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-902-5.
- Novotný, I., & Hruška, M. (2008). *Biologie člověka pro gymnázia* (4. vyd.). Praha: Fortuna. ISBN 978-80-7373-007-9.

- Odstrčil, J., & Hrůza, A. (2008). *Biologie pro zdravotnické školy* (5. vyd.). Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
- Papáček, M., Matěnová, V., Matěna, J., & Soldán, T. (2000). *Zoologie* (3. vyd.). Praha: Scientia. ISBN 80-7183-203-0.
- Šmarda, J. (2003). *Genetika pro gymnázia.* Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-851-7.
- Závodská, R. (2006). *Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie.* Edice Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN 80-86960-15-3.
- Zicháček, V. (2012). *Zoologie* (2. přepracované vyd.). Olomouc: Olomouc. ISBN 978-80-7182-291-2.

Učebnice bez učiva genetiky

- Berger, J. (1997). *Systematická zoologie.* Havlíčkův Brod: Tobiáš. ISBN 80-85808-44-7.
- Bergstedt, C., Dietrich, V., & Liebers, K. (2005). *Člověk a příroda: půda.* Edice Učebnice pro integrovanou výuku. Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-340-X.
- Bergstedt, C., Dietrich, V., & Liebers, K. (2005). *Člověk a příroda: voda.* Edice Učebnice pro integrovanou výuku. Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-337-X.
- Bergstedt, Ch., Horn, M. E., Mikelskis, H. F., Winter, R., Ditrich, V., & Liebers, K. (2005). *Člověk a příroda: Energie.* Edice Učebnice pro integrovanou výuku. Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-341-8.
- Braniš, M. (2004). *Základy ekologie a ochrany životního prostředí: učebnice pro střední školy* (3. aktualizované vyd.). Praha: Informatorium. ISBN 978807333024.
- Čabradová, V., Hasch, F., Sejpka, J., & Vaněčková, I. (2005). *Přírodopis 7: pro základní školy a víceletá gymnázia.* Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-424-4.
- Černík, V., Bičík, V., Bičíková, L., & Martinec, Z. (1999). *Přírodopis 2 – zoologie, botanika: pro 7. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií* (1. přepracované vyd.). Praha: SPN. ISBN 80-7235-069-2.
- Černík, M., Hamerská, M., Martinec, Z., & Vaněk, J. (2008). *Přírodopis 7: zoologie a botanika pro základní školy.* Praha: SPN. ISBN 978-80-7235-387-3.
- Černík, V., & Martinec, Z. (1996). *Přírodopis 1 – Botanika: 2. část.* Praha: SPN. ISBN 80-85937-06-9.
- Černík, V., & Martinec, Z. (1997). *Přírodopis 1 – Zoologie: 1. část.* Praha: SPN. ISBN 80-85937-05-0.
- Černík, V., & Martinec, Z. (1997). *Přírodopis 2 – Botanika, 2. část: pro žáky základní školy (7. ročník) a nižší ročníky víceletých gymnázií.* Praha: SPN. ISBN 80-85937-57-3.
- Černík, V., Vítek, J., & Martinec, Z. (1998). *Přírodopis 4 – mineralogie a geologie se základy ekologie: pro žáky základní školy (9. ročník) a nižší ročníky víceletých gymnázií.* Praha: SPN. ISBN 80-7235-044-7.
- Červinka, P. (2012). *Ekologie a životní prostředí: učebnice pro střední odborné školy a učiliště* (2. vyd.). Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 978-80-86034-97-3.
- Dančák, M., Mikulenková, H., & Ševčík, D. (2015). *Přírodopis 6: Rostliny.* Olomouc: Prodos. ISBN 978-80-7230-294-9.
- Ditrich, V., Mederow, G., Bergstedt, C., & Liebers, K. (2005). *Člověk a příroda: vzduch.* Edice Učebnice pro integrovanou výuku. Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-338-8.
- Dobroruka, L. J., Gutzerová, N., Havel, L., Chocholoušková, Z., & Kučera, T. Č. (2003). *Přírodopis II pro 7. ročník základní školy* (2. vydání). Praha: Scientia. ISBN 80-7183-302-9.
- Faměra, M., Dančák, M., & Kuras, T. (2017). *Přírodopis 9: Geologie – Ekologie.* Olomouc: Prodos. ISBN 978-80-7230-365-6.

- Froněk, J., Máchal, A., & Vlašín, M. (1991). *Přírodopis v sešitě: učební text pro 9. ročník základních škol.* Praha: Fortuna. ISBN 80-85298-13-9.
- Havlík, I. (1999). *Přírodopis pro 7. ročník.* Brno: Nová škola. ISBN 80-85607-98-0.
- Hedbávná, H., et al. (2015). *Přírodopis 7: 2. díl, Botanika.* Edice Duhová řada (2. aktualizované vydání). Brno: Nová škola, s. r. o. ISBN 978-80-7289-647-9.
- Chvátal, M. (2014). *Geologie: pro gymnázia.* Praha: Fortuna. ISBN 978-80-7373-124-3.
- Jakeš, P. (1999). *Geologie: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií.* Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-86034-30-5.
- Janoušková, S., & Červinka, P. (2010). *Ekologie a životní prostředí: základy přírodovědného vzdělávání pro SOŠ a SOU.* Praha: Fortuna. ISBN 978-80-7373-085-7.
- Jurčák, J., & Froněk, J. (1997). *Přírodopis 6.* Olomouc: Prodos. ISBN 80-85806-47-9.
- Jurčák, J., & Froněk, J. (1998). *Přírodopis 7.* Olomouc: Prodos. ISBN 80-7230-015-6.
- Klepel, G., Bergstedt, C., Ditrich, V., & Liebers, K. (2005). *Člověk a příroda: zdraví.* Edice Učebnice pro integrovanou výuku. Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-339-6.
- Kočárek, E., & Kočárek, E. (1998). *Přírodopis pro 7. ročník základní školy.* Úvaly u Prahy: Jinan. ISBN 80-238-3544-0.
- Kočárek, P., Mikulenková, H., & Ševčík, D. (2016). *Přírodopis 7: Živočichové.* Olomouc: Prodos. ISBN 978-80-7230-296-3.
- Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1994). *Poznáváme život 6 – 1. část: Přírodopis s výrazným ekologickým zaměřením pro 6. ročník ZŠ (7. ročník občanské školy) a nižší ročníky gymnázií.* Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-160-1.
- Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (1997). *Ekologický přírodopis 6: pro 6. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií* (2. vyd.). Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-385-X.
- Kvasničková, D., Jeník, J., Pecina, P., Froněk, J., & Cais, J. (2004). *Ekologický přírodopis 7 – 1. část: pro 7. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií* (4. upravené vyd.). Praha: Fortuna. ISBN 978-80-7373-057-4.
- Maleninský, M., & Novák, J. (1999). *Zoologie 2 – obratlovci: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií.* Edice Natura. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 80-86034-33-X.
- Matějček, T. (2007). *Ekologická a environmentální výchova: učební text k průřezovému tématu Environmentální výchova podle Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání.* Praha: Nakladatelství České geografické společnosti. ISBN 978-80-86034-72-0.
- Matyášek, J., & Hrubý, Z. (2015). *Přírodopis 9: Geologie a ekologie.* Edice Duhová řada (3. aktualizované vyd.). Brno: Nová škola, s. r. o. ISBN 978-80-7289-741-4.
- Matyášek, J. (2019). *Přírodopis 9: Geologie a ekologie.* Edice Čtení s porozuměním. Brno: Nová škola – DUHA. ISBN 978-80-88285-13-7.
- Pelikánová, I., Čabradová, V., Hasch, F., & Sejpka, J. (2015). *Přírodopis 7: pro základní školy a víceletá gymnázia.* Plzeň: Fraus. ISBN 978-80-7489-038-3.
- Petrová, D., Žídková, H., & Knůrová, K. (2017). *Hravý přírodopis 7: učebnice pro 7. ročník ZŠ a víceletá gymnázia.* Praha: Taktik International. ISBN 978-80-7563-113-8.
- Rychnovský, B., Odstrčil, M., Popelková, P., & Kubešová, S. (2015). *Přírodopis 7: 1. díl, Strunatci.* Edice Duhová řada (2. aktualizované vyd.). Brno: Nová škola, s. r. o. ISBN 978-80-7289-646-2.
- Smrž, J., Horáček, I., & Švátora, M. (2004). *Biologie živočichů pro gymnázia.* Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-909-2.

- Šimonová, P., Činčera, J., Jančaříková, K., & Volfová, A. (2013). *Ekologická a environmentální výchova: pro 2. stupeň ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií.* Plzeň: Fraus. ISBN 978-80-7238-452-5.
- Šlégl, J., Kislinger, F., & Laníková, J. (2000). *Biologie IV.: Základy ekologie* (2. vyd.). Klatovy: Gymnázium Klatovy.
- Švecová, M., & Matějka, D. (2007). *Přírodopis 9 pro základní školy a víceletá gymnázia.* Plzeň: Fraus. ISBN 978-80-7238-587-4.
- Vališ, J., Ďurovič, V., & Fediuková, E. (1993). *Přírodopis 8: pro 8. ročník základní školy.* Edice Učebnice pro základní školy. Praha: SPN.
- Vieweghová, T., et al. (2019). *Přírodopis 7: Zoologie a botanika.* Edice Čtení s porozuměním. Brno: Nová škola – DUHA. ISBN 978-80-87591-97-0.
- Vilček, F., Lišková, E., Altmann, A., & Korábová, A. (1994). *Přírodopis 6: pro 6. ročník základní školy.* Praha: Scientia.
- Vlk, R., & Kubešová, S. (2014). *Přírodopis 6: 2. díl, Bezobratlí živočichové.* Edice Duhová řada (2. aktualizované vyd.). Brno: Nová škola, s. r. o. ISBN 978-80-7289-581-6.
- Zahradnik, G., et al. (2005). *Člověk a příroda: Informace a komunikace.* Edice Učebnice pro integrovanou výuku. Plzeň: Fraus. ISBN 80-7238-342-6.
- Zapletal, J., Janoška, M., Bičíková, L., & Tomančáková, M. (2000). *Přírodopis 9.* Olomouc: Prodos. ISBN 80-7230-069-5.