

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a environmentálních studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Žahavci ve výuce na základní a střední škole
Cnidarians in primary and secondary school teaching

Tereza Náhlovská

Vedoucí práce: prof. RNDr. Lubomír Hanel, CSc.
Studijní program: Specializace v pedagogice
Studijní obor: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením
na vzdělávání – Výchova ke zdraví se zaměřením na
vzdělávání

2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou prací na téma „Žahavci ve výuce na základní a střední škole“ vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Lubomíra Hanela, CSc. s využitím doložené literatury. Potvrzuji, že jsem tuto práci nevyužila k získání stejného nebo jiného titulu.

V Praze, dne 7. 4. 2022

Tereza Náhlovská

Poděkování

Ráda bych zde vyjádřila svůj vděk vedoucímu mé bakalářské práce, panu prof. RNDr. Lubomíru Hanelovi, CSc, za odborné vedení a konzultace, které mi usnadnily psaní této práce. Rovněž bych chtěla poděkovat za ochotu, cenné rady, trpělivost a podporu, kterou mi poskytoval při mém vedení.

Abstrakt

Tato bakalářská práce s názvem „Žahavci ve výuce na základní a střední škole“ je rešeršního charakteru s využitím odborné literatury a zabývá se detailním popisem kmene žahavců (Cnidaria) a jejich začleněním do výuky přírodopisu a biologie na základní a střední škole. První část je zaměřena na základní charakteristiku a vývoj žahavců v historii Země. Druhá část práce popisuje historické zařazení taxonu, fylogenezi kmene s uvedením významných zástupců, problematiku korálových útesů a významné druhy sladkovodních žahavců v České republice. Ústředním tématem poslední části jsou konkrétní možnosti využití žahavců ve výuce na základních a středních školách. Jsou zde popsány rámcové vzdělávací programy RVP ZV a RVP G spolu s očekávanými znalostmi žáků. Následně se věnuje konkrétním návrhům exkurzí pro žáky do akvária Svět medúz a ZOO Mořský svět, exkurzi k Jaderskému moři a možnostem laboratorních prací s využitím zástupce z rodu nezmar (*Hydra*). Práce je doplněna o vytvořené pracovní listy k pražským exkurzím.

Klíčová slova

Žahavci, základní a střední škola, exkurze, pracovní listy

Abstract

This bachelor's thesis entitled „Cnidarians in primary and secondary school teaching“ deals with the main characteristics of phylum the Cnidarians (Cnidaria) based on the professional literature and possibilities in the teaching of biology in primary and secondary school. The thesis consists of three parts. The first part is focused on the phylum Cnidaria and the development in the history of Earth. The second part describes the historical classification, phylogeny of the phylum with the inclusion of important species, the issue of coral reefs and significant freshwater species in the Czech Republic. The main topic of the last part of bachelor thesis is specific possibilities of using Cnidarians in teaching at primary and secondary schools. The Czech Framework educational programs are described in this part together with the expected knowledge of students. Subsequently, the work deals with specific proposal for excursions to the aquariumt the World of Jellyfish (Svět medúz) and the ZOO Sea world (ZOO Mořský svět), an excursion to the Adriatic Sea and the possibilities of laboratory work with the use of a representative of the genus *Hydra*. The work is supplemented by created worksheets for Prague excursions.

Keywords

Cnidarians, primary and secondary school, excursions, worksheets

Obsah

Úvod.....	9
1 Žahavci v geologické historii Země	10
1.1 Prekambrium	10
1.2 Paleozoikum.....	10
1.3 Mesozoikum.....	11
1.4 Kenozoikum	11
1.5 Vyhynulé organismy	12
1.5.1 Třída Stomatoporoidea – stromatopory	12
1.5.2 Třída Conulata – konulárie.....	12
1.5.3 Třída: Anthozoa – korálnatci.....	12
1.6 Paleontologická důležitost korálnatců.....	13
2 Základní charakteristika – žahavci (Cnidaria).....	14
2.1 Povrch těla a svalová soustava	14
2.2 Trávicí soustava	18
2.3 Nervová a smyslová soustava	19
2.4 Vylučování, dýchání a cévní systém	20
2.5 Rozmnožování.....	20
2.6 Toxicita a první pomoc	21
2.7 Bioluminiscence	22
3 Historické zařazení taxonu	24
4 Fylogeneze žahavců.....	25
4.1 Třída: kalichovky (Staurozoa, Stauromedusae)	26
4.2 Třída: medúzovci (Scyphozoa)	26
4.2.1 Řád: talířovky (Semaestomae)	27

4.2.2	Řád: kořenoústky (Rhizostomae)	28
4.2.3	Řád: korunovky (Coronatae)	29
4.3	Třída: čtyřhranky (Cubozoa)	29
4.4	Třída: polypovci (Hydrozoa)	31
4.4.1	Řád: nezmaři (Hydroida)	32
4.4.2	Řád: hydromedúzy (Trachylina)	35
4.4.3	Řád: trubýši (Siphonophora)	36
4.4.4	Řád: Chondrophora	37
4.5	Třída: korálnatci (Anthozoa)	37
4.5.1	Podtřída: osmičetní (Octocorallia)	38
4.5.2	Podtřída: šestičetní (Hexacorallia, Zoantharia)	40
5	Korálové útesy	43
5.1	Vznik a vývoj	43
5.2	Charakteristika a typy útesů	43
5.3	Biodiverzita	45
5.4	Přínos	46
5.5	Ohrožení	47
6	Žahavci v České republice	49
6.1	Nezmaři (Hydrida)	49
6.1.1	Sběr, chov a pozorování	53
6.2	Medúzka sladkovodní (<i>Craspedacusta sowerbii</i>)	53
7	Využití žahavců ve výuce na základní a střední škole	58
7.1	Rámcové vzdělávací programy (RVP)	58
7.1.1	RVP pro základní vzdělávání	58
7.1.2	RVP pro gymnázia	59
7.2	Vycházející znalosti žáků před exkurzemi	60

7.3	Exkurze do expozice Svět medúz	60
7.4	Exkurze do expozice ZOO Mořský svět	64
7.5	Exkurze k Jaderskému moři	67
7.5.1	Badatelský deník	67
7.5.2	Klimatické podmínky Středozemního moře.....	67
7.5.3	Ostrov Rab.....	68
7.5.4	Žahavci na pobřeží Jadranu	68
7.6	Pozorování žahavců – laboratorní práce	69
	Závěr	71
	Seznam použité literatury.....	73
	Seznam příloh	82

Úvod

Žahavci jsou kmenem bezobratlých živočichů, který je často v povědomí lidí spojován pouze s medúzami a korály. Tato rozsáhlá skupina živočichů je zajímavá nejen svou stavbou těla a žahavých buněk, ale i vlivem na celý ekosystém. Mnoho jedinců se s žahavci v našich vodách již setkala, ale bohužel si jich kvůli své nevědomosti nevšimlo. K sepsání práce mě motivovala snaha zjistit co nejvíce informací o zástupcích kmene, který byl během mého studia na základní a střední škole velmi generalizován. Při mém prvním setkání s nezmarem jsem se nadchla pro kmen žahavců a rozhodla jsem se, že bych se s tímto kmenem ráda více seznámila. Navrhla jsem také možnosti využití žahavců ve výuce i mimo ni, a tím možnost zaujmout žáky k bližšímu studiu těchto zajímavých organismů.

Bakalářská práce je zaměřena na detailní charakteristiku kmene z hlediska vývoje během geologické minulosti Země, seznámení s vyhynulými žahavci, stavby těla, orgánových soustav, bioluminiscence a toxicity žahavců. Následně poukazuje na historické řazení taxonu a definuje všechny třídy kmene žahavců s uvedením významných druhů. Práce je doplněna o diskutovanou problematiku korálových útesů včetně vzniku útesů, jejich typů, biodiverzity a ohrožení. Jelikož žijeme v České republice, tak nebylo možné opomenout zástupce žijící v našich sladkovodních vodách, a to rod nezmaří (*Hydra*) a medúzku sladkovodní (*Craspedacusta sowerbii*).

Kapitola orientovaná na využití žahavců ve výuce je důležitá, protože v souvislosti se studiem na pedagogické fakultě se jedná o velmi významnou složku pedagogické činnosti. Tato část je zaměřena na kurikulární dokument – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání a gymnázia. Práce uvádí důležitost výstupních znalostí žáka před tématicky zaměřenými exkurzemi. Pro praktické využití obsahuje návrhy exkurzí do Světa medúz a ZOO Mořský svět v Praze s využitím pracovních listů. Pro žáky vyšších ročníků je nastíněna exkurze k Jaderskému moři za účelem sledování žahavců ve volné přírodě. Ve školní výuce je poukázáno na možnost zkoumání nezmarů (*Hydra*) v laboratorních pracích.

1 Žahavci v geologické historii Země

1.1 Prekambrium

Žahavci patří mezi živočišné kmeny s bohatou fosilní historií. V hojnějším počtu je lze zaznamenat již ve svrchním prekambriu v rámci Ediakarské fauny (období před asi 635 až 539 miliony let), v níž byly nalezeny otisky a zbytky jejich těl. První nálezy z prekambriického období, které lze považovat za předchůdce žahavců, jsou známé z jižní Austrálie (Ediacara Hills). V paleontologickém záznamu se vyskytují obě stádia metageneze – polyp i medúza, tudíž v prekambriu se již objevily třídy polypovců a medúzovců (Darroch et al., 2018; Jell, 1984; Turner, Vickers-Rich, 2007). Nalezené organismy Ediakarské fauny a Burgesské břídlíce (naleziště fosilií ve skalním útvaru v západní Kanadě) jsou podle současných důkazů příbuzné žahavcům (Cnidaria). Živočichové Burgesské břídlíce jsou velmi často považováni za přeživší právě z Ediakarské fauny. Přesto fosilie těl z pozdního prekambria nepředstavují přímé předky žádného z vyšších metazoi (Morris, Whittington, 1979; Morris, 1992; Valentine, 1994).

1.2 Paleozoikum

Velmi obtížné je nalezené fosilní organismy zařadit do rodové linie kvůli jednoduché morfologické stavbě těla. Během kambriické exploze se objevovalo velké množství nových organismů s mineralizovanou kostrou, které mohou být považovány za předky paleozoických korálnatců (Coronado et al., 2016). Nejprve vznikali samostatní jedinci, a poté koloniální formy. Většina rodů vymřela v polovině kambria, a tím zapříčinila redukci archeocyátových útesů (Archeocyāti /lat. Archeocyatha jsou vyhynulé, přisedlé organismy, které si vytvářely vápnité kostry, a obývaly karbonátové útesové šelfy). V průběhu druhé poloviny periody přežívá malé množství rodů žahavců, a po zániku jediného rodu ve svrchním kambriu je mezera v paleontologickém záznamu útesotvorných žahavců až do ordoviku, v němž se objevují první korálnatci. Kambričtí koráli jsou pojmenováni „Coralomorpha“, a jak již vyplývá, tak ordovičtí koráli navazují na své předchůdce nepřímo (Debrenne, 1992; Křížová, 2016; Scrutton, 1997). V kambriu se objevily významné třídy, jako jsou stromatopory (Stromatoporoidea), konulárie (Conulata) či již zmínění útesotvorní žahavci – korálnatci (Ziegler, 2001).

V raném ordoviku se objevily dvě skupiny paleozoických korálů – koráli deskatí (Tabulata) a později koráli drsnatí (Rugosa). Jejich rozvoj byl velmi rychlý a úspěšně kolonizovali většinu útesů v paleozoických mořích (Coronado et al., 2016). Díky svému sasankovitému předkovi, příbuznému z řádu Zoanthinaria, si uchovali schopnost tvořit pevnou schránku. Na pomezí období ordovik – silur došlo k vymírání, které zredukovalo populaci korálů.

Silur se vyznačoval velkým rozvojem diverzity korálů, ale vrchol jejich různorodosti byl dosažen ve středním devonu. Koráli a stromatopory tvořili celosvětově útesové komplexy. Bohužel, vývoj korálů zpomalilo vymírání na konci devonu, po kterém se společenstva tabulátních i rugózních korálů zotavovala až do svrchního permu, kdy obě skupiny zanikají (Křížová, 2016; May, Rodríguez, 2012; Scrutton, 1997).

1.3 Mesozoikum

Ve středním triasu došlo k vývoji korálnatců řádu Scleractinia z podtřídy šestičetných korálů (Hexacorallia). Již z paleozoika se dochovaly pozůstatky měkkých tělních částí organismů, které mohou být považovány za předky šestičetných korálů (Ezaki, 1998). Tato skupina se vyznačovala symbiotickým vztahem s jednobuněčnými zelenými řasami (zooxantely) ve tkáních hostitele (Stanley, Swart, 1995). Během jury se objevují osmičetní koráli (Octocorallia) a stávají se dominantními (Shostak, 2005). Korálová různorodost roste až do masivního vymírání na konci triasu, jejímž vlivem vymírají konulárie (Ziegler, 2001).

1.4 Kenozoikum

Tato éra navazuje na velké vymírání živočišných i rostlinných druhů na hranici křída – terciér, které je spojeno s úhynem třídy Conulata (Ziegler, 2001). Žahavci se v mořích vyskytují v menším zastoupení. V průběhu paleocénu se čteněji objevují koráli řádu Scleractinia, během eocénu se rozrůzňují a v oligocénu jsou pevnou součástí korálových útesů (Scheibner, Speijer, 2007).

Do dnešní doby přežily třídy: polypovci (Hydrozoa), medúzovci (Scyphozoa) a korálnatci (Anthozoa).

1.5 Vyhynulé organismy

1.5.1 Třída Stromatoporoidea – stromatopory

Jedná se o přisedlé organismy, které se poprvé objevily v kambriu a zahynuly během extinkce ve svrchní křídě. Jejich schránka byla vzhledem k okolnímu prostředí karbonátová (Stearn et al., 1999). Vytvářely trsy různé velikosti (milimetry až metry) a různého tvaru (větvené, povlékavé, aj.). Stromatopory žily v mělkých teplých mořích, a především během siluru a devonu se podílely na stavbě korálových útesů. Společně s ostatními útesotvornými organismy vykazovaly závislost na poloze v útesovém komplexu. Nedostatek stromatopor z období devonu můžeme přisuzovat teplotě vody. Nálezy na území České republiky jsou například z Barrandienu, především z okolí obce Koněprusy. Jedná se o velké koněpruské vápence z devonského období, které tvoří rozsáhlý útesový komplex na našem území (May, 2005; Ziegler, 2001).

1.5.2 Třída Conulata – konulárie

Konulárie jsou vyhynulá skupina mořských žahavců. Vyskytovaly se od proterozoika po trias v mořích jako vzácné složky v mnoha šelfových a pánevních faunách (Simões et al., 2003). Jejich zařazení je problematické. Na základě morfogeneze a anatomie těla byly začleněny do třídy Scyphozoa, případně označeny jako příbuzní medúzovců. Jiní autoři nepovažují konulárie za zástupce žahavců z důvodu výrazné odlišnosti minerálního složení kostry. Vytvářely pevný chitínofosfatický exoskelet ektodermálního původu (periderm) pyramidálního, kuželovitého, nebo válcovitého tvaru. Schránky byly fixovány k podkladu upevňovacími terčem a na opačném konci těla měly vytvořené příústní laloky. Tito živočichové obývali území Barrandienu (Van Iten et al., 2006; Ziegler, 2001).

1.5.3 Třída: Anthozoa – korálnatci

- Podtřída: Zoantharia – šestičetní
 - Řád: Rugosa – drsnatí (čtyřčetní)

Tito vyhynulí solitérní, ale i koloniální korálnatci mají vnější vápenitou stěnu (epithéku) vrásčitou, je na dotek drsná, a díky této skutečnosti byl odvozen název drsnatí korálnatci. Septa srůstají ve čtyřech sektorech, a proto čtyřčetní koráli. V porovnání

s tabulátními koráli dorůstali do větších rozměrů. Jejich přirozeným stanovištěm byla mělká moře paleozoika, která obývali od ordoviku po perm. Významně se podíleli na stavbě útesů a jsou vůdčími zkamenělinami té doby. U nás se objevili i ve vápenatých útvarech Barrandienu (Poty, 2010; Ziegler, 2001).

- Podtřída: Tabulata – deskatí

Deskatí koloniální koráli jsou známí z období svrchní kambrium – perm. Tvořili keříčkovité, větvené, povlékavé trsy a měli velmi dobře vyvinuty horizontální prvky kostry (dna a dissepimenta). Vytvořené kolonie byly spojeny dutinami polypů. Významná naleziště u nás jsou v Koněprusích nebo u Čelechovic u Hané. Součástí koněpruských vápenců nebyli pouze tabulátní koráli, ale i drsnatí. Domníváme se, že díky četnému omílání mořskou vodou docházelo k přísunu karbonátů, a tím bylo umožněno větrání riftového komplexu, což podnítilo vznik výše zmíněných tříd korálů. Koráli byli součástí stěn riftu, případně se nacházeli v těsné blízkosti (Galle et al., 1999; Poty, 2010; Ziegler, 2001).

- Podtřída: Heliolitoidea – helioliti

Helioliti byli koloniální korálnatci paleozoika (střední ordovik – střední devon) s masivními bochníkovitými trsy a kruhovitým průřezem koralitu. Žili přisedle na podkladu v mělkých teplých mořích (Ziegler, 2001).

1.6 Paleontologická důležitost korálnatců

Kmen žahavců (Cnidaria) je zastoupen v geologickém záznamu v hojném počtu, zejména u korálů. Schránky byly tvořeny uhličitany (Anthozoa), ve formě spikulí a koster z kalcitu a aragonitu (Octocorallia) a jako kostry z kalcitu a aragonitu (Rugosa, Tabulata, Heterocorallia).

Paleozoičtí koráli byli používáni k identifikaci a klasifikaci evolučních vzorců biokalcifikace a jejich aplikací jako taxonomických kritérií, neboť schránky nabízejí chemické informace o tehdejších podmínkách prostředí, a tím i možnost porozumět ontogenetickým procesům, které dávají různým organismům evoluční výhodu pro osídlení různých stanovišť. Důležitost biomineralizační studie je významná i ve fosiliích, které mohou pomoci pochopit vývoj metazoi během fanerozoika (Coronado et al., 2016).

2 Základní charakteristika – žahavci (Cnidaria)

Jedná se o rozmanité společenství mnohobuněčných organismů vyskytujících se převážně v mořském prostředí, ale obývajících i sladké vody. Je známo kolem 11 000 různých zástupců tohoto kmene napříč kontinenty. Rozmanitost žahavců je dána především dvěma aspekty, a to schopností tvořit kolonie nepohlavním rozmnožováním a dimorfním životním cyklem (Brusca et Brusca, 2003). Můžeme se setkat s dřívějším zařazením žahavců do skupiny láčkovců, která byla pojmenována podle nejjednoduššího typu trávicí dutiny (gastrální dutiny), jež se nazývá láčka (Šifner, 2004).

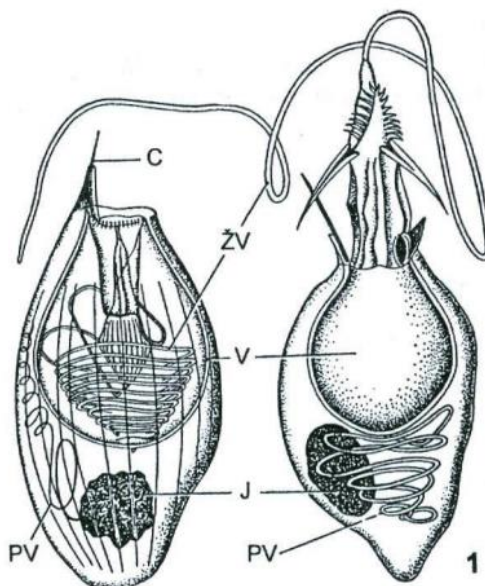
Kmen žahavci (Cnidaria) obsahuje organismy, které se výrazně liší svou velikostí – několik milimetrů až několik metrů v průměru, po 30 metrů délky jednotlivých kolonií. Charakteristickým znakem je paprscitá (radiální) souměrnost těla, ačkoliv u některých je zřejmý sklon k bilateralitě. Jiné teorie a názory tvrdí, že ke změně primárně bilaterálního stavu na sekundární radiální souměrnost došlo adaptací na prostředí vynucené například pohybem – medúzy (Smrž, 2019). Radiální stavba těla znamená možnost vést jejich tělem více rovin souměrnosti, které se protínají v hlavní, podélné ose. Osa prochází orálním pólem, na němž je ústní otvor, a aborálním. Tělo je na úrovni gastruly a je tvořeno dvěma zárodečnými listy – vnějším ektodermem a vnitřním entodermem (neboli gastrodermem). Mezi ektodermem a entodermem je různě silná rosolovitá nebuněčná vrstva mezogley. Díky této skutečnosti jsou nazýváni dvoulistí – Diblastica (Rosypal, 1992).

2.1 Povrch těla a svalová soustava

Epidermis je složena z válcovitých, nebo krychlových buněk krycí tkáně, pod nimiž je bazální membrána. Obsahuje i primární smyslové buňky s brvami a žahavé buňky spojené s buněčnou žlázou (Rosypal, 1992; Šifner, 2004).

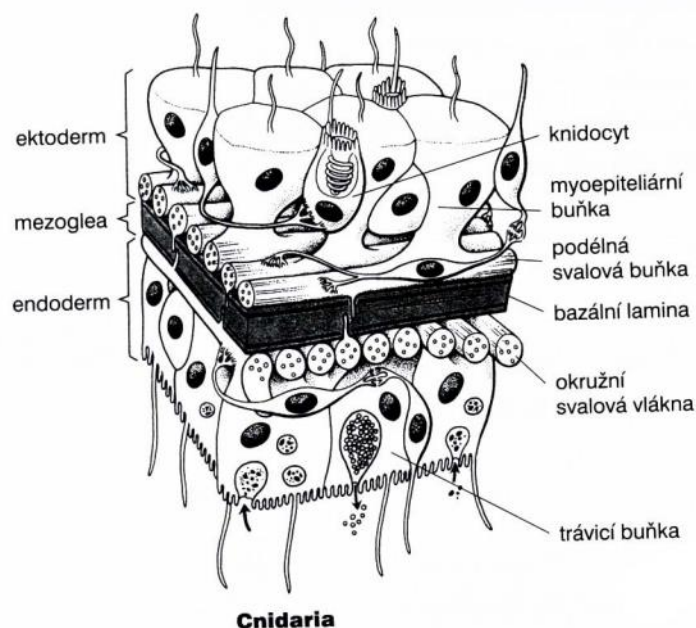
Významným znakem kmene žahavců jsou žahavé buňky (nematocyty, knidocyty) se specializovanou vnitrobuněčnou strukturou (knida), jež je odvozena od Golgiho komplexu (Zrzavý, 2006). Knida je považována za vymrštitelnou složku žahavé buňky, v níž je šroubovitě stočené vlákno. Na apexu buněčného aparátu (nejčastěji na chapadlech) je umístěn knidocil, který spouští reakci na cizí předmět. Při mechanickém

podráždění knidocilu dochází k vystřelení vlákna s harpunou, to se zachytí v tkáni kořisti a vstříkne tekutý obsah reservoáru (hypnotoxin) – směs proteinů, fenolů a dalších látek. Knidocyty se sdružují do skupin (tzv. žahavé baterie), a tím dochází k produkci většího množství toxického hypnotoxinu, který umožňuje ochromit větší oběť. Literatura uvádí hlavní typy žahavých buněk: penetranty, volventy, glutinanty. Penetranty při vnějším podráždění vystřelují vlákno s harpunou, glutinanty produkují lepidivé látky bez hypnotoxinu a volventy vymršťují vlákna, a tím dochází k omotání těla oběti. Hlavní funkci žahavých buněk shledáváme v lovu potravy a obraně před predátory (Buchar et al., 1995; Smrž, 2019).



Obrázek 1: Penetrant v klidu a ve vymršťeném stavu – C: cnidocil, J: jádro, PV: podpůrné vlákno, V: vakuola, ŽV: žahavé vlákno (převzato z: Sedlák, 2003, s. 182)

Pohyb zástupců kmene žahavců je umožněn díky svalové soustavě ektodermálního původu, která je uspořádaná cirkulárně i podélně. Svalové buňky lze členit na buněčné tělo a kontraktilní část. Myoepiteliální buňky, protažené v tenký výběžek, jsou v protoplazmě diferenciovány na myofibrily, které zajišťují pohyb, kontrakci těla a pohyb chapadel s knidocyty (Rosypal, 1992; Smrž, 2019).



Obrázek 2: Průřez tělní stěnou žahavce (převzato z: Zrzavý, 2006, s. 46)

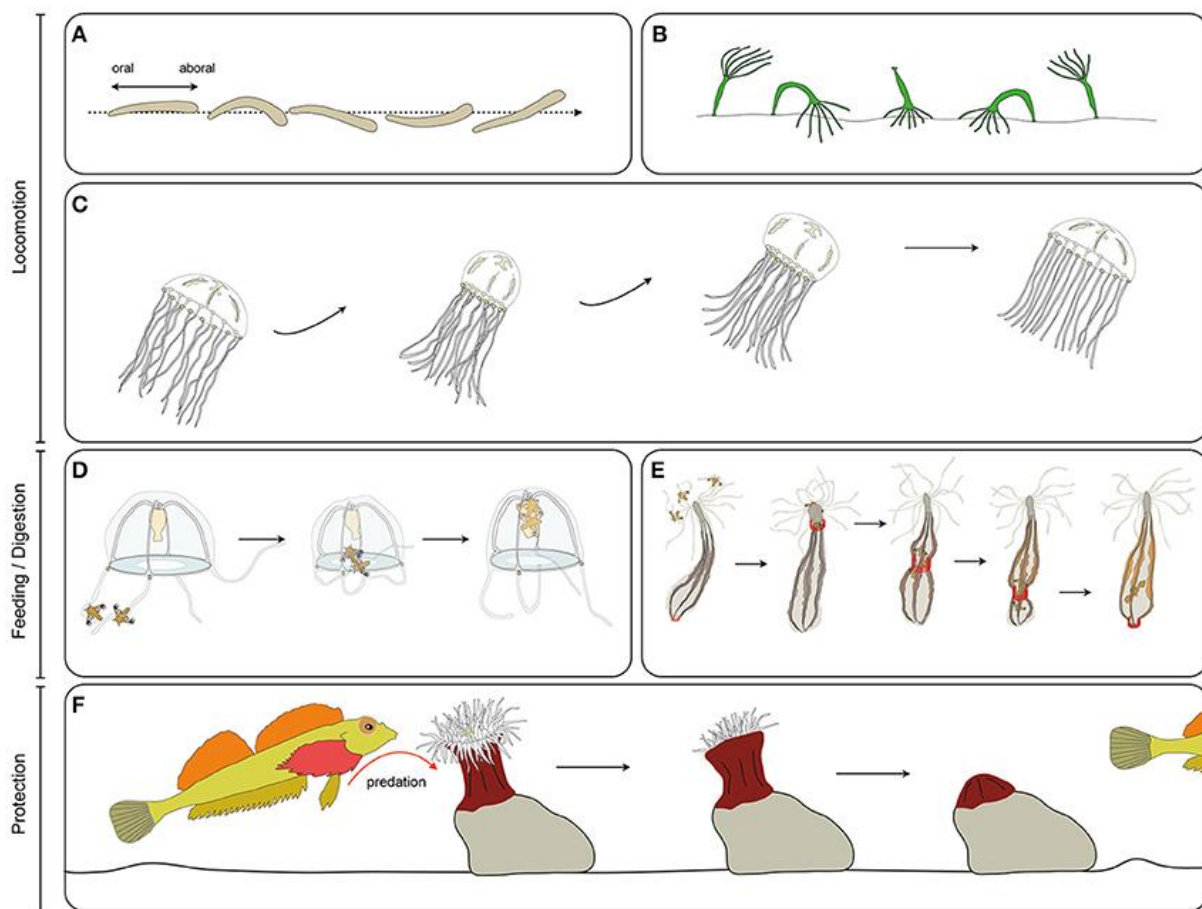
Pohybová (svalová) soustava žahavců je důležitá pro zachování života jedince. Podílí se na obraně před predátory (ukrývání se ve štěrbinách, na různých předmětech), příjmu potravy a peristaltických pohybech umožňující trávení. Během fázi metagenese dochází k různorodým pohybům.

V larválním stádiu probíhá pohyb pomocí řasinek. Planula u třídy Hydrozoa nevyužívá proud vody, ale pohybuje se po podkladu, kdy dochází ke spolupráci cilií a svalových ohybových pohybů, které využívají dopad světla na hladinu (pozitivní fototaxi). Paprscitě souměrná planula, která se rotací volně pohybuje ve vodním sloupci před přisednutím, je typická pro většinu žahavců. Zatím není známa koordinace pohybu v souvislosti s funkcí nervové soustavy (Piraino et al., 2011; Leclère, Röttinger, 2017).

Stahy svalů ve formě polypa jsou využívány při chytání kořisti, otevírání ústního otvoru, pohybu, ochraně, regulaci kyslíku stahem chapadel a peristaltice během trávicích procesů. Všechny procesy jsou řízeny nervovými buňkami. Svalstvo je velmi dobře vyvinuto u třídy Anthozoa, především u mořských sasenek. Několik sasenek se dokáže od substrátu oddělit rychlým ohýbáním. Jiné mořské sasanky jsou schopné vylučovat z oddělené bazální ploténky bublinu plynu, která odnese polypa na nové místo. Menší korálnatci využívají povrchové napětí vody k plavání na hladině moře vzhůru nohama.

Rod *Hydra* ze třídy Hydrozoa je schopen pomocí vzduchové bubliny s hlenem na nožním terči proplouvat opačným koncem těla k hladině vody (Brusca et Brusca, 2003; Leclère, Röttinger, 2017).

Medúzy jsou nadnášeny proudy ve vodním sloupci a společně s pasivním pohybem plavou. Převládají u nich epidermální svaly na okrajích zvonu, zatímco gastrodermální jsou silně redukovány, nebo chybí. Svaly jsou využívány k nahánění kořisti do ústního otvoru, trávení či pro rozptyl gamet. V místě subumbrelly jsou umístěny koronální svaly, které kontrakcí pulsují umbrellu, a díky tomu vypuzují vodu zpod subumbrelly a umožňují pohyb. Většina medúz svými pohyby dolů a nahoru ve vodním sloupci chytají potravu. Účinnost plavání závisí na tvaru medúzy, tvaru plachetky, rozmístění svalů ve spodní části zvonu. Směr pohybu je také podmíněn pozitivní fototaxí (díky symbiotickým zeleným řasám). Stah svalů je řízen nervovým systémem ve formě kruhu na okrajích umbrelly. Součástí jsou i smyslové orgány (rhopalia, statocysty, ocelli), které jsou důležité pro správnou koordinaci pohybu a vidění (Brusca et Brusca, 2003; Leclère, Röttinger, 2017; Piraino et al., 2011).



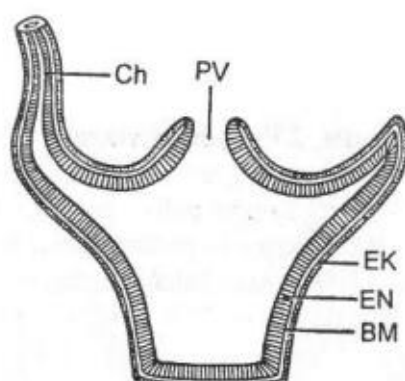
Obrázek 3: Funkce svalů, (A) plazení planuly, (B) pohyb přemetem polypa rodu Hydra, (C) pulzace medúzy, (D) řízené zatahování chapadla medúzy, aby přivedla kořist k ústům, (E) peristaltické pohyby polypa, (F) ochranná reakce polypa před predátorem (převzato z: Leclère, Röttinger, 2017, s. 157)

2.2 Trávicí soustava

Tělo žahavců má jeden otvor, který slouží k přijímání potravy a současně vyvrhování nestrávených zbytků. Uvnitř láčky je jednovrstevný gastrodermis. V rámci vnitřní strany láčky dochází k diferenciaci buněk na sekreční, absorpční a trávicí (Buchar, 1991; Sedlák, 2003). Většina žahavců se řadí mezi masožravce, kteří chytají potravu pomocí nematocyst na chapadlech kolem ústí. Na začátku probíhá trávicí proces v coelenteronu extracelulárně díky enzymům v gastrodermis, které usnadňují trávení. U mnoha zástupců pomáhají k řádnému promíchání gastrodermální řasinky, nebo bičíky. V případě absence pravého oběhového systému rozvádí gastrovaskulární dutina do těla jen částečně natrávený materiál. Produktem trávicích procesů je směs, ze které jsou tuky, sacharidy, polypeptidy přijímány pomocí fagocytózy a pinocytózy do svalových buněk.

Celý průběh je zakončen intracelulárně v potravních vakuolách. Nestrávené zbytky jsou vyloučeny láčkou ven z těla. Gastrointestinální soustava je tudíž označována jako neprůchodná (Brusca et Brusca, 2003).

V jednotlivých třídách žahavců může být trávicí soustava evolučně upravena podle životních potřeb jedinců. U medúz vede ústní trubice do „žaludku“, ze kterého rozvádí více či méně spleť systém gastrovaskulárních kanálků natrávenou potravu do celého těla. U polypovců a čtyřhranek dochází k delaminaci buněk do blastocoelu, dokud není zcela zaplněn. Gastrovaskulární dutina a ústní otvor se typicky tvoří pouze ve stadiu planuly, či v průběhu metamorfózy na stadium polypa (Steinmetz, 2019).



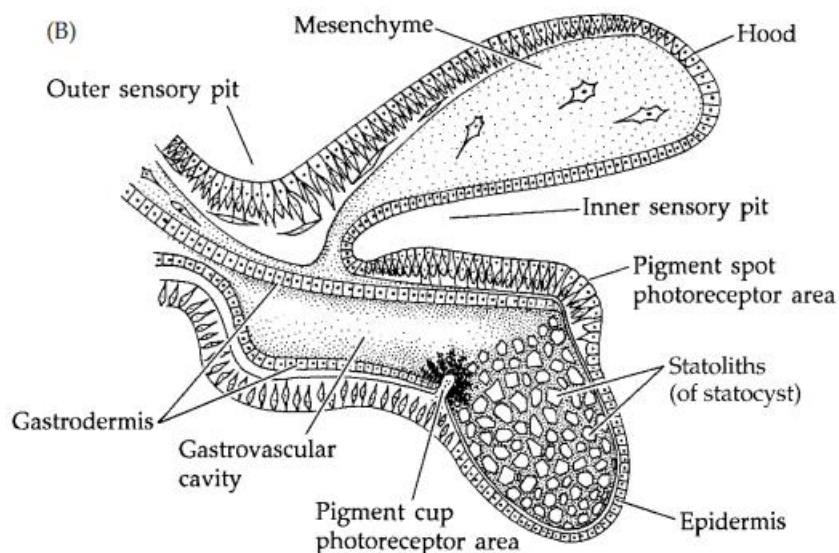
Obrázek 4: Schématický řez polypem – PV: přijímací a vylučovací otvor, Ch: chapadlo, EK: ektoderm, EN: entoderm, BM: bazální membrána (převzato z: Sedlák, 2003, s. 180)

2.3 Nervová a smyslová soustava

Pod vrstvou epidermis je síť nervů, které se dotýkají svými nediferenciovanými výběžky (Rosypal, 1992). Tato rozptýlená (difúzní) soustava nemá mozkové centrum, ale prstencovité nervové buňky rozmístěné po obvodu ústního otvoru polypů a okolo zvonu medúz. Nemají předozadně orientované tělo, a proto přijímají podněty z vnějšího okolí ze všech stran. Neurotransmitter je odlišný například od člověka, neboť se nejedná o acetylcholin, ale vzruch je přenášen díky serotoninu a RFamidu.

U přisedlých forem jsou smysly chemické a mechanické, kdežto u pohyblivých stadií je smyslové vnímání rozšířeno o optické a statokinetické (Smrž, 2019; Zrzavý, 2006). Mechanoreceptory polypů jsou nejhojnější na chapadlech a v oblastech, kde je nejvíce nematocytů. Je zaznamenána zvýšená citlivost na světlo, ale není známý žádný

receptor, a tudíž se domníváme, že je fotosenzibilita spojena s neurony soustředěnými v průsvitném povrchu epidermálních buněk nebo těsně pod ním. Pohyblivé medúzy mají složitější systém – nervová síť je soustředěna do dvou prstenců na okrajích zvonu. Smyslové orgány jsou umístěny na okrajích umbrelly ve skupinách (rhopalia), a díky nim lépe registrují okolní prostředí. Zrakové orgány mají ve formě oční skvrny či pohárkovitých očí a jejich rovnovážné ústrojí je korigováno pomocí statocyst, tj. důlků nebo uzavřených váčků s vápenatým statolitem. Stimulace statocyst inhibuje přilehlou svalovou kontrakci a medúza stahuje svaly na opačném koci těla, a tím řídí plavání (Brusca et Brusca, 2003).



Obrázek 5: Rhopalium (převzato z: Brusca et Brusca, 2003, s. 252)

2.4 Vylučování, dýchání a cévní systém

Orgány exkrece a dýchání nejsou vyvinuty. Výměna plynů probíhá skrz vnější a vnitřní povrch těla. Oběhový systém je zajišťován coelenteronem, který též vylučuje odpadní látky ústním otvorem z těla (Smrž, 2019; Brusca et Brusca, 2003).

2.5 Rozmnožování

Žahavci se mohou rozmnožovat jak nepohlavně, tak i pohlavně. Nepohlavně se dělí pučením, a tím vzniká dceřiný jedinec, který nemusí být oddělen od mateřského. Při

neoddělení nově vzniklých jedinců dochází k tvorbě kolonií (Smrž, 2019). Pokud se jedná o kolonie s jedinci stejné stavby, tak mluvíme o monomorfii. Seskupení jedinců s různou stavbou těla uzpůsobenou k vykonávání funkcí je pojmenováno jako polymorfni kolonie (Rosypal, 1992). Pohlavní rozmnožování je umožněno díky pohlavním buňkám v endodermálních tkáních (u polypovců ektodermálních), které jsou odlišné oproti gonádám jiných živočichů. Jejich splnutím ve vnějším prostředí je vytvořena zygota, z níž vzniká planktonní larva (planula), která je lecitotrofní, tzn., že se živí zásobními látkami. Případně se může jednat o planktotrofní larvu, u korálnatců někdy s apikálním smyslovým orgánem. Planula, jež plave volně ve vodě, přisedá k substrátu a blastopor se mění v přijímací a vyvrhovací otvor polypa (Zrzavý, 2006).

Žahavci se vyskytují ve dvou tělních formách, kterými jsou polyp a medúza. Přisedlým typem je polyp s vakovitým tělem, tenkou mezogleou a přichytným nožním terčem, kterým přisedá k substrátu. Na opačném konci je peristom (ústní terč), kolem něž vyrůstá věnec chapadel (Papáček et al., 1994). Polyp se obvykle množí nepohlavně (pučením). Pelagickým stadiem je medúza, která má tvar zvonu, silnou vrstvu mezogley a rozvětvenou láčku. Gastrovaskulární soustava této formy zajišťuje trávení a resorpci potravy v celém zvonu. Tělo je tvořeno kloboukem (umbrella), který je členěn na horní (exumbrella) a dolní (subumbrella) část. Na okrajích umbrelly jsou chapadla. U některých žahavců se zvon rozrůstá ve svalnatou blánu – plachetku neboli velum (Rosypal, 1992). Během životního cyklu (metageneze, střídání generací) se často jednotlivé tělní typy pravidelně střídají. Stadium polypa i medúzy se u některých skupin žahavců nemusí vyskytovat, například korálnatci nemají polypa, zatímco nezmaří formu medúzy (Šifner, 2004).

2.6 Toxicita a první pomoc

Pro ostatní organismy jsou toxické jedy žahavců nejprve vytvářeny v tkáních, a poté soustředěny v nematocytech. Jejich působení negativně ovlivňuje zdravotní stav člověka. V případě narušení kůže žahavými buňkami dochází k reakci organismu. Požahání může vyvolat lokální (edém, dermonekrózu, popáleniny kůže, puchýřky) nebo systémové (neurotoxické, mytoxické, kardiotoxické) postižení. Případně letální účinky způsobené třídou čtyřhranek (Cubozoa). Častým důsledkem bodnutí je hemolýza. Tento

stav, který mohou způsobit mořské sasanky, může být pro člověka smrtelný. Složení jedů je velmi variabilní. V dnešní době bylo identifikováno přibližně 250 různých sloučenin (peptidy, enzymy, proteiny) a látek nebílkovinné povahy (puriny, biogenní aminy, aj.). Účinky a vliv na tělo se liší podle druhu žahavce a míry citlivosti obětí (Frazão et al., 2012; Mariottini, 2014; Morabito et al., 2015; Kůrka, Pflieger, 1984).

Jakýkoli kontakt s žahavcem může končit smrtí, zejména s čtyřhrankou Fleckerovou (*Chironex fleckeri*). Většina zástupců nemá dostatečně silný jedový aparát, který by umožnil průnik lidskou kůží. Řád sasanek (Actiniaria), třídy Anthozoa je charakteristický bílkovinnými toxiny (kongestiny), které způsobují zvracení, křeče a v horším případě zástavu dechu. Mezi další nebezpečné žahavce patří: čtyřhranka středomořská (*Carybdea marsupialis*), měchýřovka portugalská (*Physalia physalis*) z třídy polypovců (Hydrozoa), talířovka svítivá (*Pelagia noctiluca*) patřící mezi medúzovce (Scyphozoa) a drobné čtyřhranky způsobující Irukandji syndrom (Frazão et al., 2012; Jiskrová, 2011; Suput, 2011).

Při lokálním požahání je doporučováno přiložení slabého roztoku amoniaku, alkoholu, mořské vody nebo zinkové znečítlivující masti. Díky tomuto kroku dochází ke zmírnění bolestivosti tkáně. V případě intoxikace celého organismu je třeba zahájit protišokovou terapii. Dále je doporučováno nalít na postižené místo alkohol, následně posypat jakýmkoli práškem (moukou, pudrem, apod.) a odstranit zbytky těla žahavce (Ballesteros et al., 2021; Kůrka, Pflieger, 1984).

2.7 Bioluminiscence

Bioluminiscence je proces produkce viditelného světla u mnoha živočichů. Mezi organismy schopné tvořit světlo patří nejen žahavci (Cnidaria), ale i obrněnky (Dinoflagellata), kroužkovci (Annelida), ostnokožci (Echinodermata), členovci (Arthropoda), aj. Proces luminiscence je definován jako emise světla bez tepla. Při chemické reakci dochází k uvolnění energie ve formě fotonu. Reakce vyžaduje k oxidaci substrát luciferin, který je katalyzován enzymem luciferázou. Dochází k vyzařování různě barevného světla, od modré (obrněnky) přes zelenou (pláštěnci) po žlutou (světlušky), které závisí na struktuře využívaných enzymů. Organismy využívají bioluminiscenci

k ochraně, útoku, přilákání kořisti a komunikaci (Brusca et Brusca, 2003; Herring, Widder, 2004).

Bioluminiscence se vyskytuje běžně u žahavců a byla prokázána u všech tříd vyjma čtyřhranek (Cubozoa). U některých druhů (například hydromedúz) je záření složeno z několika záblesků na jednotlivé podněty. U jiných organismů (pérovníci) prochází záblesky ve vlnách přes tělo nebo povrch kolonie. Šíření je pravděpodobně řízeno nervovou soustavou. Mezi světélkující organismy můžeme například zařadit medúzovce (Scyphozoa) – talířovku svítivou (*Pelagia noctiluca*) či korunovku purpurovou (*Periphylla periphylla*). Specifický systém záření má hydromedúza *Aequorea victoria*, která nevyužívá klasickou reakci luciferin-luciferázy. Využívá vysokoenergetický protein aequorin, který vyzařuje světlo v přítomnosti vápníku. Protein byl O. Shimomurou v r. 1961 extrahován z medúzy, podle níž získal název. Shimomura dokázal izolovat zelený fluorescenční protein (GFP) z hydromedúzy *Aequorea victoria* a zjistil, že protein pod UV zářením svítí zelenou barvou. Za tento objev mu byla roku 2008 udělena Nobelova cena za chemii (Brusca et Brusca, 2003; Herring, Widder, 2004; Roda, 2010; Shimomura, 2005).

3 Historické zařazení taxonu

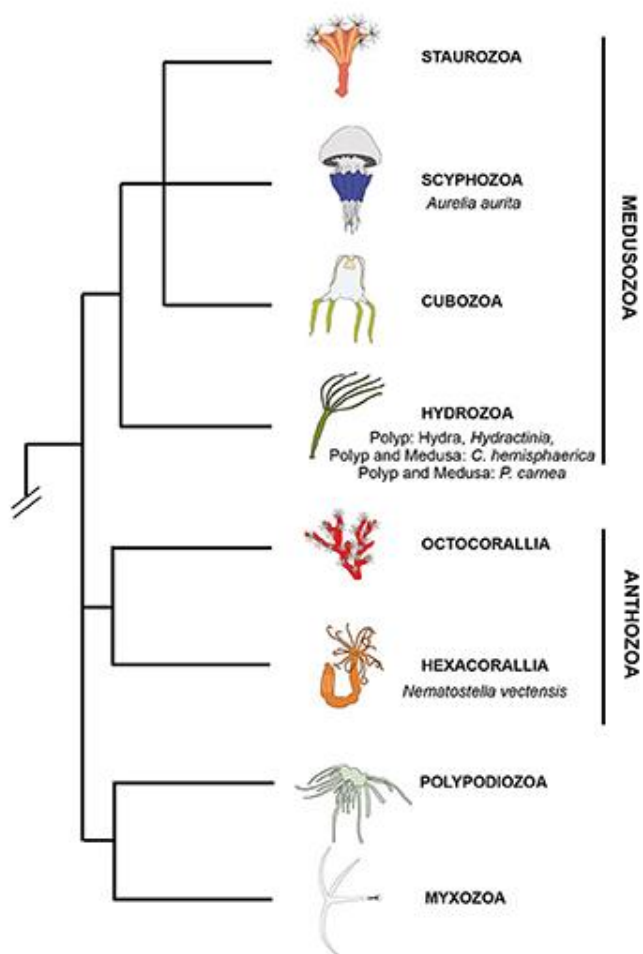
Mezi prvními, kdo pojmenoval podle žahavých buněk nezmory Acalephae či Cnidae, byl Aristoteles (384 – 322 př. n. l.). V období renesance byli považováni za organismy rostlinné povahy. Až v 19. století žahavci stáli na hranici mezi živočichy a rostlinami. Celá skupina nesla název Zoophyta. Skupina Zoophyta nezahrnovala jen nezmory, ale i zástupce jiných kmenů, například houbovce (Porifera).

Mnoho přírodovědců se snažilo vymezit žahavce. Lamarck (1744 – 1829) zavedl skupinu Radiata, do níž patřili žahavci, ostnokožci a žebernatky. Na počátku 19. století M. Sars prokázal, že polypi a medúzy jsou různé formy stejných organismů v rámci metageneze. Roku 1847 vznikl nový název pro skupinu – Coelenterata (z řečtiny, koikos znamená dutina, enteron střevo), a to jen díky uvědomění Leuckarta, že houbovci, žahavci a žebernatky se od sebe liší. Na konci století Hatschek rozdělil skupinu Coelenterata do tří různých kmenů: Porifera, Cnidaria a Ctenophora (Brusca et Brusca, 2003; Nováková, 2016).

4 Fylogeneze žahavců

Na základě fylogeneze lze žahavce rozdělit na korálnatce (Anthozoa) a ostatní skupiny, které souhrnně označujeme Medusozoa (Tesserazoa). Medusozoa zahrnuje čtyři třídy: polypovci (Hydrozoa), medúzovci (Scyphozoa), čtyřhranky (Cubozoa) a kalichovky (Staurozoa). Pozice kalichovek je nejasná, ale zatím nebyly podloženy důkazy, které by vyvracely zařazení do skupiny Medusozoa. Ačkoli byla připuštěna blízká vazba mezi taxony Staurozoa a Cubozoa na základě morfologického pozorování, tak je podporováno stávající postavení kalichovek.

Jedná se o monofyletickou skupinu, což vyplývá z dat rDNA a pozorování morfologických znaků. Kmen žahavci (Cnidaria) je tradičně rozdělen na třídy: polypovci, medúzovci, čtyřhranky a korálnatci (Collins, 2009; Zrzavý, 2006).



Obrázek 6: Fylogeneze žahavců (převzato z: Leclère, Röttinger, 2017, s. 157)

4.1 Třída: kalichovky (Staurozoa, Stauromedusae)

K zařazení kalichovek do samostatné páté třídy žahavců došlo teprve nedávno. Dříve byly zařazeny do třídy Scyphozoa, což bylo na základě analýzy životního cyklu a jaderných ribozomů vyvráceno.

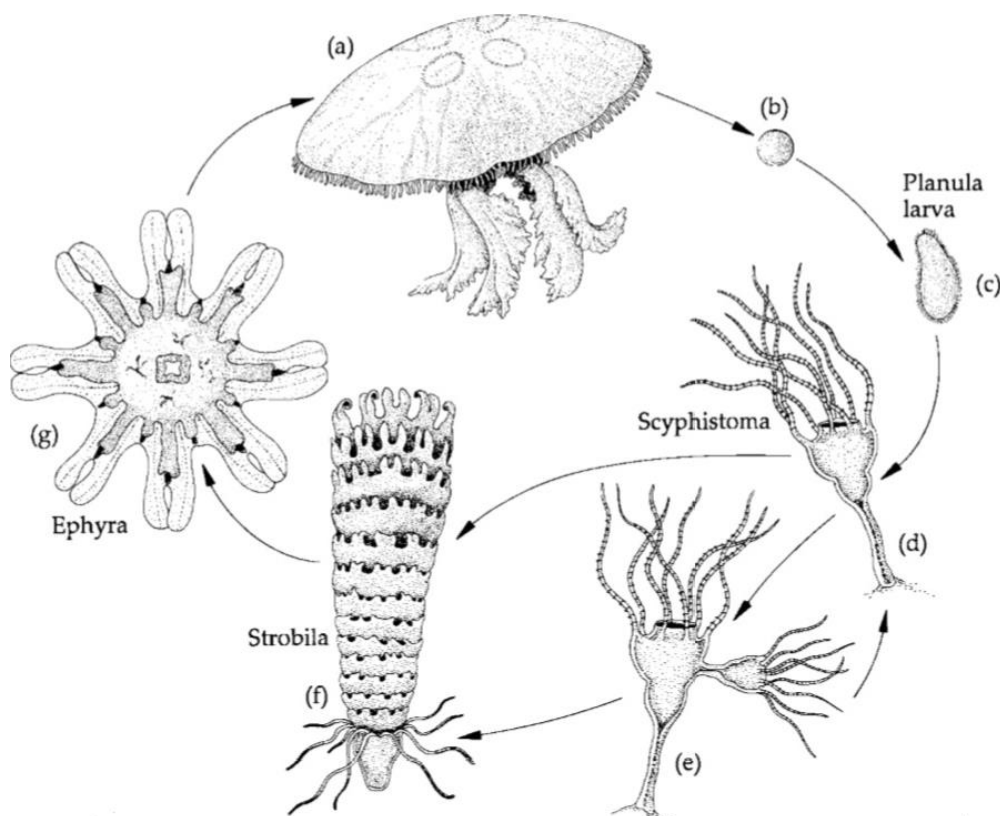
Třída kalichovky čítá přibližně padesát bentických druhů (Miranda et al., 2016b). Malí přisedlí jedinci se vyvíjejí z planktonní larvy, ale zůstávají pomocí disku pevně uchyceni k podkladu (Brusca et Brusca, 2003). Během životního cyklu se z plazivé larvy vyvíjejí polypi, kteří se následně přemění v dospělé medúzy. Nově vzniklý dospělec zůstává zachycen na substrátu stopkou, a díky této skutečnosti získaly název stopkaté medúzy. Apikální část medúzy je svými znaky podobná třídě Scyphozoa (medúzovci) a Cubozoa (čtyřhranky), a proto byly kalichovky považovány za příslušníky medúz. Znaky polypovců jsou viditelné na stopkaté části těla (Miranda et al., 2016a; Shostak, 2005). Jednotlivé druhy kalichovek lze pozorovat v mělčích vodách vysokých zeměpisných šířek. Zástupci jsou například rody *Halichystis* a *Lucernaria* (Brusca et Brusca, 2003).

4.2 Třída: medúzovci (Scyphozoa)

Medúzovci (Scyphozoa) se řadí mezi mořské živočichy se zhruba 150 druhy. Zástupci jsou velmi přizpůsobiví, co se podmínek v moři týká, neboť se pohybují od pobřeží až do mořských hlubin (Arai, 1997; Shostak, 2005).

U pravých medúz, jak jsou někdy nazývané, dominuje v životním cyklu stadium planktonní medúzy (Petrušek, 2005a). Pro medúzy je typické, že oproti hydromedúzám nemají velum. Tito dravci chytají kořist pomocí knidocytů, které ochromí potravu a chapadlové výběžky vybíhající zpod subumbrelly ji nahání do přilehlé ústní dutiny. Živiny jsou dodávány radiálními kanálky do tkání díky gastrovaskulární soustavě na okrajích umbrelly. Vnímání okolí je umožněno smyslovými orgány – rhopalii – na obvodu zvonu. Medúza je považována za pohlavní generaci, neboť v ní vznikají entodermální gamety. Polyp je často velmi malý, nebo zcela vymizel. Během pravidelného střídání generací dochází ke vzniku planuly z oplozeného vajíčka. Larva přisedne a tím umožní svou přeměnu v polypa (nepohlavní generace). Odškrabáním neboli strobilací příústní oblasti těla se z polypa uvolňuje mladá medúzka (ephyra), která

volně plave. Ephyra se od dospělé odlišuje vykrojenými úseky na okrajích zvonu, kde jsou situovaná rhopalia obsahující oči a statocystu. Po dozrání ephyry v dospělé medúze se začínají produkovat pohlavní buňky a po jejich oplození vzniká zygota (Brusca et Brusca, 2003; Rosypal, 1992; Smrž, 2019).



Obrázek 7: Životní cyklus rodu *Aurelia* (převzato z: Brusca et Brusca, 2003, s. 259)

4.2.1 Řád: talířovky (*Semaeostomae*)

Za nejznámější řád medúzovců jsou považovány talířovky, které se v mořích nahromadí do velkých hejn na konci letních měsíců (Shostak, 2005). Pohlavní orgány těchto až několik desítek centimetrů velkých jedinců jsou charakteristické svým zatočením do tvaru podkovy. Žahavé buňky nezpůsobí člověku ani větším organismům život ohrožující stavy (Smrž, 2019).

Tento řád obsahuje především medúzy mírných a tropických moří, ačkoliv talířovka arktická (*Cyanea arctica*) se nachází, jak je patrné z druhového jména, v chladnějších mořích. Běžným obyvatelem téměř všech moří je talířovka ušatá (*Aurelia*

aurita), s níž se můžeme potkat i ve Středozezemním moři. Slabší žahavé buňky umístěné na chapadlech nejsou pro člověka nebezpečné, a můžeme ji poznat díky prosvítajícím gonádám ve tvaru čtyřlístku uvnitř průhledné umbrelly. V případě masivního přemnožení se mohou krmit na planktonních organismech, ale i larvách ryb, a tím jsou v očích rybářů považovány za škůdce, neboť jim snižují výnosy v následujících letech (Brusca et Brusca, 2003; Petrušek, 2005a; Smrž, 2019). Talířovka svítivá (*Pelagia noctiluca*) se od ostatních druhů odlišuje nepřítomností polypového stadia, protože se nachází na zcela volném mořském prostoru. Jedná se o medúzu s velkým množstvím žahavých buněk, které jsou pro člověka bolestivé. Své pojmenování získala díky reakci na mechanické podráždění. Při dotyku nebo působení vln na tělo dochází ke světélkování jejího povrchu. Bioluminiscence je způsobena složitou proteinovou reakcí (Petrušek, 2005a; Smrž, 2019).

Specifickou medúzou řádu Semaestomae, čeledi Cyaneidae a rodu *Stomolophus* je *Nemopilema nomurai* neboli *Stomolophus nomurai*. Medúza je hojně zastoupena na přelomu léta a podzimu na území nacházející se mezi Čínou a Japonskem. Mezi lety 2002 a 2003 došlo k jejímu přemnožení v Japonském moři, a proto byly pozorovány značné škody v oblasti rybolovu. Pro rybářství představuje problém, neboť svými chapadly poškozují lovné sítě a ulovené ryby se po dotyku stávají jedovatými. Zvýšenému přírůstku japonské medúzy „ečizen“ je přičítáno narušení ekosystému nadměrným rybolovem. *Nemopilema nomurai* je unikátní velikostí klobouku, který může dosahovat průměrně i dva metry, a hmotností se blíží ke 200 kilogramům. Žahavé buňky na téměř pětimetrových ramenech způsobují na těle krvavé podlitiny. Obyvatelé Japonska ji využívají v gastronomii pro výjimečnou chuť. Jed medúzy působí na kardiovaskulární soustavu – rychle snižuje krevní tlak a srdeční frekvenci (Yu et al., 2014; Kawahara et al., 2006; Patočka, 2014).

4.2.2 Řád: kořenoústky (Rhizostomae)

Tento řád obsahuje kolem 80 druhů filtrátorů planktonu v mělkých mořích (Shostak, 2005). Způsob trávení je odlišný od ostatních skupin medúzovců. Pod spodní částí zvonu se nacházejí srostlé přívěsky, které vznikly ztrátou chapadel. Ústní otvor byl redukován a srostl tak, že ve svazku spojených přívěsků zůstaly pouze malé otvory, které

umožňují filtrovat malé částičky potravy. Dochází k mimotělnímu trávení, a vzhledem k této změně došlo k vymizení žahavých buněk. Přesný pohyb v mořích je zajišťován soustavou subumbrellární svalové soustavy (Brusca et Brusca, 2003; Sedlák, 2003; Smrž, 2019). Ve Středomoří se často můžeme setkat s kořenoústkou hrbolatou (*Cotylorhiza tuberculata*), která dosahuje délky více než 30 cm. Tato okrová kořenoústka poskytuje bezpečný úkryt kranasům, kteří se v případě nebezpečí schovávají v místě jejích chapadel (Petrusek, 2005a). Zvláštním druhem je kořenoústka pobřežní (*Cassiopeia andromeda*), jejíž příústní přívěsky směřují vzhůru, a tím filtruje z vody mikroorganismy a organické zbytky. Oproti ostatním druhům žije přisedle na dně a obývá také mangrovové porosty. Dalším zástupcem evropských moří je například kořenoústka plicnatá (*Rhizostoma pulmo*), jejíž příústní přívěsky tvarem připomínají plíce obratlovců (Smrž, 2019).

4.2.3 Řád: korunovky (Coronatae)

Korunovky jsou se svými 30 druhy v různé literatuře řazeny do jiných tříd (Shostak, 2005). Sedlák (2003), Brusca et Brusca (2003) nebo Arai (1997) řadí korunovky pod třídu medúzovců (Scyphozoa), ačkoliv mohou být považovány i za samostatnou třídu v rámci žahavců (Nováková, 2016). Korunovky svým tvarem připomínají korunu, protože exumbrella je rozdělena zářezy na jednotlivé plátky – pedalia (Brusca et Brusca, 2003; Sedlák, 2003). Dosahují střední velikosti a obývají různé hloubky moří. Mezi zástupce patří například rod *Linuche* a rod *Periphylla* (Brusca et Brusca, 2003).

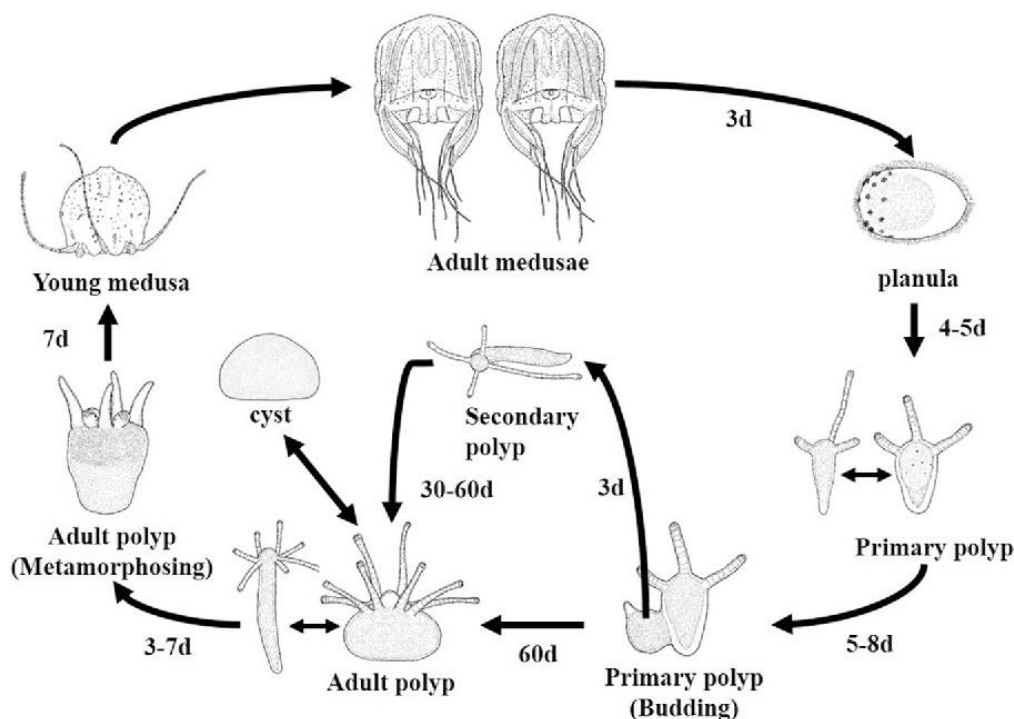
4.3 Třída: čtyřhranky (Cubozoa)

Jedná se o početně nejmenší třídu kmene žahavců (Cnidaria), která zahrnuje pouze jeden řád Cubomedusae s asi třiceti druhy. V minulých letech byly řazeny do třídy medúzovci (Scyphozoa). Čtyřhranky sdílí znaky s polypovci (nervový prsteneček), ale i medúzovci (rhopalia). Od ostatních tříd se liší metamorfózou medúzy z polypa (Coates, 2003). Rozmnožování zahrnuje tzv. primárního a sekundárního polypa. Z prvního polypa vzniká druhý, ten je přeměněn v medúzu, která se odštěpuje a otáčí. Jak již vyplývá, vývojový cyklus nezahrnuje strobilaci, ale z jednoho polypa se odděluje medúza (Papáček et al., 1994; Smrž, 2019; Zrzavý, 2006).

Název třídy čtyřhranky je odvozen od tvaru zvonu. Umbrella je tvořena čtyřmi hranami, na jejichž bázi jsou vyrostlé plátky (pedalia), které nesou chapadla se žahavými buňkami. Jed v knidocytech je pro člověka život ohrožující až smrtelný (Brusca et Brusca, 2003; Papáček et al., 1994; Šifner, 2004). Hlavním zdrojem potravy těchto predátorů jsou ryby. Většina medúz se vyskytuje v tropických a subtropických oblastech. Málokdy se pohybují blízko břehů, pokud tam nejsou zavlečeny proudy (Brusca et Brusca, 2003; Coates, 2003; Petrusek, 2005a).

Je nutné zde uvést nejznámější zástupce třídy Cubozoa (čtyřhranek). Čtyřhranka Fleckerova (*Chironex fleckeri*) se nachází v Tichém oceánu a na východním pobřeží Austrálie. Je známa pod názvem „mořská vosá“ a často po požahání přivodí člověku těžké následky, nebo v horším případě smrt. Díky vyvinuté nervové soustavě a komorovému oku je citlivější k okolním změnám, což jí usnadňuje lov a migraci. Po ukořisťení potravy si ráda dopřává odpočinek na mořském dně. Středozevní moře je útočištěm čtyřhranky středomořské (*Carybdea marsupialis*), která není pro plavce extrémně nebezpečná (Petrusek, 2005a; Shostak, 2005).

Výzkum je zaměřen především na čtyřhranky, které způsobují Irukandji syndrom způsobený bodnutím jedné z přibližně 25 druhů z řádu Carybdeida, čeledi Carukiidae a Alatinidae. Po požahání se u postiženého objevuje nesnesitelná bolest, nevolnost, pocení, zvracení, hypertenze, případně akutní selhání srdce a vznik plicního edému. Téměř neviditelné čtyřhranky se původně nacházely v Austrálii, ale dnes se již rozšířily globálně do tropických a subtropických moří, včetně Havaje, Karibiku a Indo-Pacifiku. Dospělé medúzy se zdržují v šelfových oblastech, ale mohou být v závislosti na povětrnostních podmínkách zaneseny ke břehu, kde ohrožují plavce. Jako první medúza Irukandji byla identifikována *Carukia barnesi*, po níž následovaly další druhy, například *Malo kingi*, *Malo maxima* a *Alatina mordens* (Gershwin et al., 2013; Klein et al., 2014).



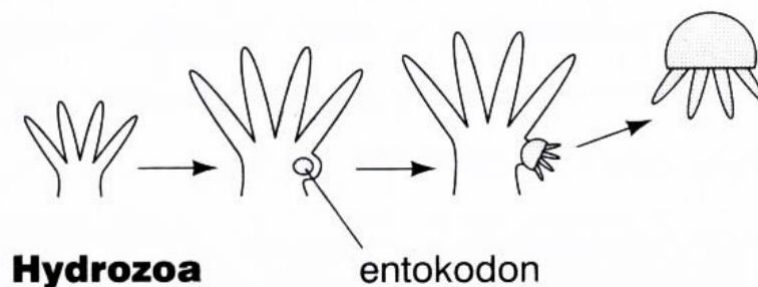
Obrázek 8: Životní cyklus čtyřhranky *Tripedalia binata* (převzato z: Toshino et al., 2017, s. 46)

4.4 Třída: polypovci (Hydrozoa)

Jedná se o nejpočetnější třídu žahavců, která čítá kolem 3200 druhů v pěti řádech žijících v mořském i sladkovodním prostředí (Brusca et Brusca, 2003). Větší četnost a diverzita druhů je v mořích, ale jedná se o velmi malé organismy, které často člověk nezaregistruje. Zástupci tvoří na pevném podkladu v mělkých vodách keříčkovité kolonie. Často se stává, že si na koloniálních trsech pochutnávají nahožábří plži. K lovu planktonní potravy a vlastní ochraně před nepřáteli používají, jako ostatní žahavci, nematocyty (Petrusek, 2005a).

Exoskelet je vyztužen uhličitánem vápenatým. Orgány, jež produkují gamety, jsou ektodermálního původu. Dozrávají v ektodermu a vylévají se ven, ale nikdy do gastrovaskulární dutiny (Bouillon, Boero, 2000). V rámci životního cyklu dochází ke střídání polypa a medúzy, ačkoliv stádium polypa převládá. Hydroidní polypi mají jednoduchou stavbu těla s chapadly (vyjma nezmarů). Pučením většinou vyrůstají tzv. coenosarky, trsy s vzájemně propojenou nervovou soustavou a láčkou – nejsou v ní vytvořeny přepážky. Na polypu, či trsu vznikají díky pučení další polypi, nebo hydromedúzy. Hydromedúzy, pokud jsou vytvořeny, mají gastrovaskulární soustavu se

čtyřmi radiálními a jednou okružní chodbou. Ústní otvor mají umístěn na manubriu. Nervová soustava je tvořena nervovými prstenci. Na spodní straně umbrelly je situována vazivová blána – velum (Rosypal, 1992; Sedlák, 2003; Smrž, 2019).



Obrázek 9: Vývojový cyklus třídy polypců (převzato z: Zrzavý, 2006, s. 50)

4.4.1 Řád: nezmaři (Hydroida)

Zástupce řádu nezmarů lze najít i v našich vodách. Během metageneze je dominantní polypové stádium, medúza může zcela chybět. Mohou mít chitinovou kostru s nitkovitými ústními chapadly. Systém rozdělení na podřády se liší. Uvádím zde členění podle Sedláka (2003) a Brusca et Brusca (2003).

Zástupcům, které můžeme na území České republiky potkat (medúzka sladkovodní, nezmaři) se budu podrobněji věnovat v samostatné kapitole.

- Podřád: Anthomedusae (Athecata)

Jedná se o mořské i sladkovodní polypy, kteří existují samostatně, anebo tvoří kolonie. Jejich tělo není chráněno obalem. Gamety jsou produkovány ze subumbrelly medúzy, někdy jsou rozšířeny do radiálních kanálků. Medúzy jsou zvonovitého tvaru bez statocyst se čtrnácti typy žahavých buněk. Rozmnožování probíhá od larvální planuly přes aktinulu s chapadly, díky níž po přisednutí vzniká polyp (Bouillon, Boero 2000; Brusca et Brusca, 2003; Sedlák, 2003).

Podřád Anthomedusae zahrnuje čeledi Milleporidae a Stylasteridae, které byly dříve zahrnuty do hydrokorálů. Milleporiade, neboli „ohniví koráli“, jsou pojmenovány díky bodavým nematocytům. Tvoří velké vápenaté útvary na různém povrchu. Bylo u nich objeveno mutualistické soužití ze zooxantelami. Zástupci čeledi Stylasteridae

utvářejí pestře zbarvené (fialové, žluté, modré, růžové, aj.) kolonie zpevněné uhličitanem vápenatým. Obývají území od Antarktidy po polární kruh, a díky svému zbarvení jsou místa výskytu označovány jako „korálová zahrada“. Oba podřády poskytují úkryt různým druhům ryb a jiným bezobratlým (Brusca et Brusca, 2003; Cairns, 2011).

Mezi zástupce podřádu Anthomedusae byl dříve řazen polyp medúzový (*Turritopsis nutricula*), ale dnes je začleněn do čeledi polypovití (Clavidae), rodu *Turritopsis*. Polyp medúzový je v průměru asi 5 mm velký s osmi chapadly u mladých jedinců a 80–90 u dospělých jedinců. Charakteristickým znakem je červeně zbarvený „žaludek“ na průřezu ve tvaru kříže, který je v těle zřetelně viditelný. Původně pochází z Karibiku, ale vzhledem k „nesmrtelnosti“ se globálně rozšířil a v biologické komunitě panují obavy týkající se přemnožení a následné invaze. Předmětem zkoumání je rozmnožovací cyklus. *Turritopsis nutricula* se v dospělém stadiu rozmnoží a vrací se do pohlavně nezralé formy polypa, což z ní dělá „nesmrtelného“ jedince, který se stal předmětem studia mořských biologů a genetiků. Tento unikátní organismus využívá proces transdiferenciace, při němž se buňky jednoho typu mění na buňky jiného typu s novou funkcí. Přeměnu je možné sledovat pouze při regeneraci částí orgánů (Pagliara et al., 2003; Kubota, 2005; Ma, Yang, 2010).

- Podřád: Leptomedusae (Thecata)

Tito mořští, koloniální polypi jsou, jak již napovídá latinský název Thecata, pokryti inkrustovanou povrchovou schránkou (hydrotékou). Exoskelet je přichycen k substrátu pomocí výběžků (hydrorhizy). Medúzy mají plošší tvar než podřád Anthomedusae a jejich umbrella je polokruhovitá až zploštělá. Podřád Leptomedusae má jen několik typů knidocytů, z nichž žádné nejsou typické pouze pro tuto skupinu. Při metamorfóze na polypa chybí stádium aktinuly, tudíž mezistupněm vývoje je pouze planula (Bouillon, Boero 2000; Sedlák, 2003).

Mezi Leptomedusae jsou někdy řazeny pohárovky (Leptolida), jejichž nejznámější rod je pohárovka (*Obelia*) žijící ve větvitých koloniích (Buchar, 1991; Sedlák, 2003). Podle jiného zdroje (Smrž, 2019) jsou pohárovky samostatným řádem spadajícím pod třídu polypovci (Hydrozoa). Jedná se o mořské, trvale přisedlé živočichy, kteří obývají podmořské útesy a skály ve Středozeří. Jejich typickým znakem jsou dva

druhy polypa. Součástí prvního typu (hydrozoidu) je ústní otvor s chapadly a žahavými buňkami, které zajišťují lov potravy a ochranu kolonie. Gonozoid, druhý typ polypa, je zcela bez chapadel, ale slouží k odškrcování (strobilaci) nových medúz. Do tohoto podřádu je řazena i *Aequorea victoria*, která je proslulá svou schopností bioluminiscence. Využívá protein aequorin, který umožňuje medúze, bez přítomnosti kyslíku, vyzařovat modré světlo. *Aequorea victoria* se vyskytuje ve stadiu polypa a medúzy. Želatinová hydromedúza dosahuje na šířku v průměru až 12 cm. Luminiscence je soustředěna na okrajích širokého zvonu s mnoha chapadly (Brusca et Brusca, 2003; Hiebert et al., 2016; Shimomura, 2005).

- Podřád: Limnomedusae

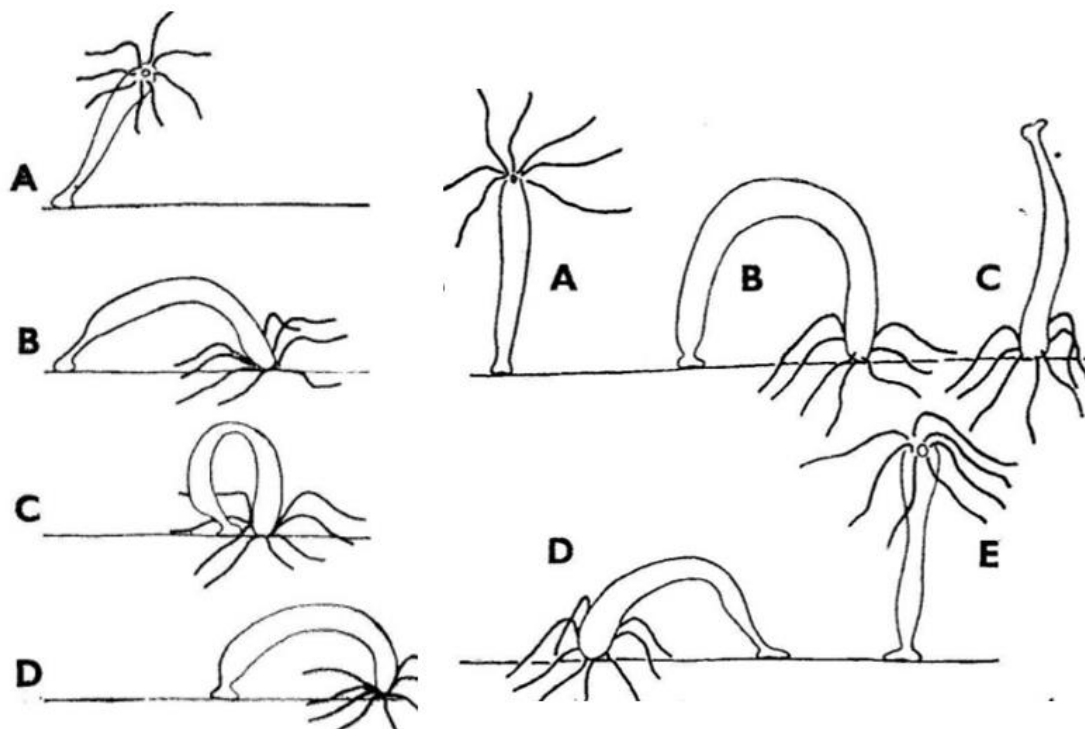
Zástupci podřádu Limnomedusae jsou především sladkovodní druhy obývající tropický podnebný pás. Polypi jsou solitérní a neviditelní pro lidské oko, tzn., jsou mikroskopičtí. Medúzy mají gonády jen na manubriu, nebo z manubria pokračují skrz radiální kanálky. Vyskytují se nepravidelně na různých místech a dokáží přežít nepříznivé podmínky díky klidovým statocystám. Důležitým sladkovodním zástupcem je medúzka sladkovodní (*Craspedacusta sowerbii*), která je řazena do podřádu Limnomedusae, čeledi Olindiidae (Bouillon, Boero 2000; Fritz et al., 2007; Sedlák, 2003). Případně může být v jiné literatuře (Brusca et Brusca, 2003; Smrž, 2019) též zařazena do řádu Trachylina (hydromedúzy).

- Podřád: Hydrida (nezmaři)

Nezmaři patří mezi typické obyvatele stojatých vod, v nichž jsou uchyceni na ponořené předměty. Na rostlinách a jiném podkladu se udrží díky terčíku, který slouží též k pohybu. Pohyb je prováděn různým stylem. Nejznámější je „píd'alkovitý“ pohyb, při němž se střídá přichycení ústního a nožního terče k podkladu. Jakmile se nezmar uchytí ústním terčem, tak k němu přisune nožní. Pohyb přemetem probíhá tak, že při zachycení ústy přesune nožní terč za ústní takovým způsobem, že pohyb připomíná salto. V akváriích je pozorovatelné i klouzání nožním terčem po stěně (Hanel, Lišková, 2003; Altmann, Lišková, 1979). Ústní otvor je ohraničen chapadly se žahavými buňkami. Nervová soustava je koncentrována do prstence okolo úst (Smrž, 2019).

Tkáň sladkovodního polypa u zástupců rodu *Hydra* je dvouvrstevná epiteliální. U rostoucího nezmaru dochází k přesunu epiteliálních buněk do vyrůstajících pupenů, a tímto dochází k pučení a oddělování nových jedinců. Pokud jsou polypi pravidelně vyživováni, tak nedochází ke zmenšování mateřského jedince (Aufschnaiter et al., 2011).

Vyznačují se, jako ostatní žahavci, velkou regenerační schopností. Množení probíhá nepohlavně (pučením), nebo pohlavně bez medúzového stádia. Pohlavní orgány jsou ektodermálního původu. Hermafrodité (nezmar obecný) mají orgány produkující samčí pohlavní buňky blíže k chapadlům a tvorba vajíček je uskutečňována poblíž substrátu. V naší fauně můžeme nalézt i jednopohlavné nezmary (gonochoristy), například nezmar hnědý (Rosypal, 1992; Smrž, 2019).



Obrázek 10: "Pídalkový" pohyb – vlevo, "přemetový" pohyb – vpravo (převzato z: Altmann, Kubiková, 1972, tab. 18)

4.4.2 Řád: hydromedúzy (Trachylina)

Hydromedúzy neboli medúzky mají nižší druhovou diverzitu oproti jiným skupinám, které patří do třídy polypovců (Hydrozoa). Zástupci hydromedúz jsou přítomni v mořských i sladkovodních ekosystémech. Součástí životního cyklu jsou velmi malí polypi s krátkými chapadly, případně mohou zcela chybět. Tímto znakem se odlišují od

ostatních polypců. Gonochoristické medúzy, s plachetkou (velum) na obvodu spodní části zvonu, tvoří planulu. Planktonní larva přechází v plovoucí aktinulu, z níž vyrůstá dospělá medúza. Řada jedinců se vyznačuje malým počtem buněk v embryonální a larvální formě. Tento jev je propojuje s taxony Nematoda a Chordata, pro které je nižší počet buněk běžný (Brusca et Brusca, 2003; Osadchenko, Kraus, 2018; Smrž, 2019).

Řád Trachylina (někdy uváděn jako podtřída) zahrnuje čtyři podřády: Narcomedusae, Limnomedusae, Trachymedusae a Actinulida. Stadium polypa je pozorovatelné pouze u Limnomedusae. V ostatních podřádech se medúza vyvíjí z larvy (Osadchenko, Kraus, 2018). Mezi zástupce, které nelze opomenout, patří rod *Liriope* a rod *Craspedacusta* s modelovým organismem medúzkou sladkovodní (*Craspedacusta sowerbii*), které se budu blíže věnovat v kapitole zaměřené na žahavce v České republice (Brusca et Brusca, 2003).

Skupina Actinulida může být dle jiných autorů klasifikována jako samostatný řád (Brusca et Brusca, 2003). Zahrnuje volně žijící drobné (1,5 cm) organismy, jejichž tělo je pokryto řasinkami, které jim umožňují pohybovat se mezi zrnky písku. Příkladem zástupce může být rod *Halammohydra* (Brusca et Brusca, 2003; Osadchenko, Kraus, 2018).

4.4.3 Řád: trubýši (Siphonophora)

Trubýši patří mezi pelagické polypce, kteří se pohybují volně ve vodním sloupci nebo na hladině moře (Petrušek, 2005a). Vyznačují se tím, že tvoří polymorfní kolonie zooidů připojených ke stonku (Bouillon, Boero, 2000). Kolonie, někdy až třicet metrů dlouhé, jsou nadnášeny uzavřenými „bójemi“ (pneumatofory), které obsahují plyny (oxidy uhlíku) vzniklé v těle živočicha. Jedinci v koloniích jsou diferenciovány a plní různé funkce. Daktylozoidi tvoří obrannou a útočnou složku kolonie, která je uskutečňována pomocí žahavých buněk a chapadel. Pohyb provozují nektofory umístěné pod pneumatoforem, které smršťováním láčky posouvají organismus ve vodě. Kolonie (neboli cormidium) obsahuje také jedince, jejichž úkolem je zajistit příjem živin pomocí láčky (gastrozoidi), a rozmnožovací gonozoidy (Sedlák, 2003; Smrž, 2019).

Zástupci řádu trubýši jsou schopni ulovit i větší kořist (např. ryby) a dotykem jejich žahavých buněk může být ohrožen život člověka. Na hladině Středoziemního moře

a Atlantiku se pohybuje měchýřovka vznášivá (*Physophora hydrostatica*), která není schopná ublížit velkým organismům. Zatímco měchýřovka portugalská (*Physalia physalis*) je nápadná svými dlouhými gastrozoidy s knidocyty, které mohou silně požahat větší živočichy, ale i člověka. Naštěstí se nenachází ve Středomoří, výjimečně se zde objeví kvůli silným větrům vanoucím z Atlantického oceánu (Petrušek, 2005a; Sedlák, 2003; Smrž, 2019).

4.4.4 Řád: Chondrophora

Tito pelagičtí živočichové jsou momentálně řazeni do třídy Hydrozoa (polypovci), ačkoliv je jejich pozice nejasná. Mohou existovat samostatně jako polypoidní jedinci, anebo tvořit kolonie uchycené diskovitým pneumatoforem. Svým vzezřením se podobají medúzám, neboť se vznášejí obráceně – chapadly směrem dolů. K pučení mladých medúz dochází na gastrogonozoidech. Paruska komůrkatá (*Veleva veleva*) je považována za nejznámější příklad tohoto řádu (Brusca et Brusca, 2003; Sedlák, 2003).

4.5 Třída: korálnatci (Anthozoa)

Korálnatci patří především mezi mořské koloniální, nebo solitérní žahavce. V této třídě se zcela vytratilo medúzové stadium, a tudíž rodozměna probíhá pouze skrze polypa (Brusca et Brusca, 2003). Polypi se množí nejen nepohlavně, ale zaujímají namísto medúzy i pohlavní rozmnožování. U koloniálních druhů dosahují velikosti jen několika milimetrů, zatímco u samostatných jedinců mohou měřit až desítky centimetrů (Petrušek, 2005a). Třída Anthozoa má oproti skupině Medusozoa šterbinový ústní otvor na příuštním terči s chapadly, který vede do ektodermálního hltanu. Na hltan s různým počtem řasinkových rýh (sifonoglyfy) navazuje coelenteron (Brusca et Brusca, 2003; Rosypal, 1992; Shostak, 2005). Tělo polypa je kryto vnitřní a vnější kostrou. Endoskelet z mezogley bývá tvořen koralinem s vápenitými složkami. Druhá vrstva (exoskelet) je postavena z uhličitanu vápenatého a plní především ochrannou funkci (Sedlák, 2003). Pohlavní rozmnožování zajišťují gamety gastrodermálního původu a jsou z pohlavních orgánů uvolňovány do láčky. U gonochoristů jsou spermie unášeny vodou do jedince opačného pohlaví, kde dojde k vnitřnímu oplození. Následně ze zygoty vzniká planula (vyjma sasanek, u kterých se tvoří polyp), která se po přisednutí k podkladu vyvíjí

v polypa (Papáček et al., 1994; Rosypal, 1992). Nepohlavní rozmnožování za vzniku dceřiných jedinců probíhá příčným dělením, nebo pučením (Petrusek, 2005a).

Většina zástupců obývá moře tropického podnebného pásu. Při tvorbě nových kolonií jsou používány schránky odumřelých generací, a tím dávají vzniknout korálovým útesům (Papáček et al., 1994; Shostak, 2005). Třída korálnatců čítá kolem 6200 různých druhů řazených do dvou podtříd, které získaly název podle počtu ramen a přepážek v lácce (Brusca et Brusca, 2003; Petrusek, 2005a).

4.5.1 Podtřída: osmičetní (Octocorallia)

Osmičetní korálnatci zahrnují přes 3000 různých druhů existujících v mořích až do hloubky 6400 m. Největší diverzita zástupců byla zmapována především na území Indo-Pacifiku. Osmičetní koráli jsou charakterističtí počtem osmi zpeřených chapadel a osmi přepážkami v lácce (Pérez et al., 2016; Petrusek, 2005a). Jedná se o koloniální zástupce (až na výjimky), kteří nejsou členěni do řádů podle ucelené taxonomie. Systematika korálnatců se v průběhu let mění a není zcela jisté, kam dané zástupce zařadit. Pro klasifikaci byly nejčastěji používány znaky spojené s tvarem kolonií a stavbou koster (McFadden et al., 2010; Pérez et al., 2016). Ve 20. století došlo k několika změnám. Nejpřesnějším a velmi rozšířeným systémem zařazení druhů byl Hicksonův systém (1930), který členil skupinu do šesti řádů – Pennatulacea, Helioporacea, Alcyonacea, Telestacea, Stolonifera a Gorgonacea. Roku 1981 Bayer sloučil čtyři řády (Alcyonacea, Telestacea, Stolonifera, Gorgonacea), které se vyznačovaly podobnými znaky do jediného – Alcyonacea (McFadden et al., 2010). Níže představuji všechny řády s příkladovými druhy (řazené podle Hicksonova systému).

- řád: pérovníci (Pennatulacea)

Pérovníci jsou uchyceni k substrátu pomocí stopky hlavního polypa, z něž vyrůstají noví jedinci. Tvar kolonie připomíná ptačí pera. Kolonie se pohybuje pouze v noci, kdy dochází k naplnění vodou, vzpřímení a chytání planktonu (Petrusek, 2005b). Často mají luminiscenční schopnost a obývají Pacifický oceán. Pérovník červený (*Pennatula rubra*) obývá hloubky Středozemního moře (Sedlák, 2003).

- řád: Helioporacea

Tento řád, bez českého ekvivalentu, zahrnuje jeden rod *Heliopora*. Zástupci se objevili již v období křídý. Pevná kostra koloniálních korálů je vytvořena z aragonitu a podobá se schránkám šestičetných větvníků (Scleractinia). Nejznámějším druhem je „modrý korál“ *Heliopora coerulea* (Miyazaki, Reimer, 2015; Morales, Löser, 2018).

- řád: laločnice (Alcyonacea)

Zástupci řádu laločnice nevytváří pevnou kostru a tvoří laločnaté kolonie (Brusca et Brusca, 2003; Sedlák, 2003). Laločnice (*Alcyonium*) využívá ke svému prospěchu zástupce rohovitek. Planula se přichytí na kolonii z rohovitek, postupem času se více rozrůstá a zahubí je. Laločnice dlanitá (*Alcyonium palmatum*) neboli „ruka mrtvého muže“ se tvarem kolonie na dně podobá tvaru lidské ruky (Petrušek, 2005b).

- řád: Telestacea

Organismy patřící do tohoto řádu tvoří větvené kolonie. Jednodušší polypi jsou vysokí a vyrůstají ze stolonu. Řadíme sem rod *Paratelesto*, *Telesto* a *Telestula* s vzácným korálem *Telestula humilis* z východního Atlantiku (Brusca et Brusca, 2003; Poliseno et al., 2021).

- řád: Stolonifera

Polypi řádu Stolonifera jsou pokryti zrohovatělou vnější vrstvou. Sklerity se propojují a vytvářejí vápenatou kostru, což je viditelné u varhanitky (*Tubipora*). Jméno získala díky stavbě schránky, která svým vzhledem připomíná varhanní píšťaly. Není využívána ve šperkařském průmyslu, ačkoliv upoutá pozornost svou smaragdově zelenou barvou (Brusca et Brusca, 2003; Smrž, 2019).

- řád: rohovitky (Gorgonacea)

S rohovitkami se můžeme běžně setkat ve Středozemním moři. Tvoří velmi nápadně zbarvené keřovité kolonie. Vnitřní osová kostra je složená z proteinového rohovitého materiálu, tzv. gorgoninu, případně může být kombinována s kalcitem (Brusca et Brusca, 2003; Petrušek, 2005b).

Za nejznámějšího zástupce je považován korál červený (*Corallium rubrum*), který hrál významnou roli již ve starověku, neboť byl využíván k obchodu a ozdobě. V dnešní době je zařazen mezi chráněné živočichy, protože bývá ve velkém množství loven a následně používán pro výrobu šperků. Velký zájem o tento druh korálu je způsoben barvou vápenaté kostry, která je díky solím železa zbarvena do červených odstínů. Kolonie tohoto endemitu Středozemního moře dorůstají délky větší než jeden metr a kvůli lovu se posunuly do větších mořských hloubek (Petrusek, 2005b; Smrž, 2019).

Rohovitky mají kostru zpevněnou rohovinou, a proto kolonie připomíná síť, do níž chytají svou kořist. Svým vějířovitým tvarem těla si vysloužily pojmenování Venušin vějíř. Hlubokomořské kolonie jsou přichyceny k útesovým útvarům, kde se udrží díky své pružnosti způsobené gorgoninem uvnitř jejich těl. Obyvatelem Středozemí je například trsovník žlutý (*Eunicella cavolini*) a rohovitka červená (*Paramuricea clavata*), kterou potkáme velmi zřídka (Petrusek, 2005b; Smrž, 2019).

4.5.2 Podtřída: šestičetní (Hexacorallia, Zoantharia)

Koloniální, nebo solitérní korálnatci se odlišují od podtřídy osmičetných (Octocorallia) v počtu chapadel a sept. Nezpeřená chapadla a složitější septa bývají v násobcích čísla šest. Většina zástupců si utváří schránku (pokud ji mají) z vápníku, nebo chitinu (Brusca et Brusca, 2003; Rosypal, 1992). Podtřída Hexacorallia zahrnuje šest řádů (někdy méně): Actiniaria, Antipatharia, Ceriantharia, Scleractinia (Mandreporaria), Corallimorpharia a Zoanthidea (Daly et al., 2003).

- řád: sasanky (Actiniaria)

Mořské sasanky jsou vždy solitérní, bez pevné schránky. Tělo mají zpevněné ve stěnách pomocí vápenatých jehliček. Množení sasanek probíhá jako u jiných žahavců nepohlavně (pučením) i pohlavně. Sasanky mají svůj specifický způsob dělení pomocí fragmentů nožního terče (lacerací). Nožní terčík slouží také k přichycení a posunu po substrátu. Jejich domovem jsou teplá moře různých hloubek. Sasanky se pyšní schopností přežívat mimo vodní prostředí během slapových jevů. Před odlivem do sebe nasají velký objem vody a zatáhnou chapadla. Chapadla s knidocyty slouží také k ochraně a lovu kořisti. V případě požahání jsou jedovaté, jejich proteinové toxiny mají neurotoxické

a cytotoxické působení. O sasankách často slyšíme i ve spojitosti se soužitím s dalšími organismy (Brusca et Brusca, 2003; Frazão et al., 2012; Korečková, 2019; Smrž, 2019).

Sasanky mohou žít v symbióze s rybami rodu *Amphiprion*, neboť tento rod klaunů nepodmiňuje vylučováním látek, které spouští predační reflexy k lovu ryb. Sasanky mu poskytují ochranu, a naopak ryby likvidují poraněná chapadla. Nejznámější mutualistický vztah má sasanka cizopasá (*Calliactis parasitica*) s rakem poustevníčkem. Díky poustevníčkovi je rychleji přesouvána na nová místa a sasanka mu výměnou za tuto službu poskytuje ochranu svými chapadly pokrytými žhavými buňkami. Sasanka plášťová (*Adamsia carciniopados*) se také uhnízdila na ulitě raka poustevníčka. Postupně obalí celou jeho schránku, kterou začne rozpouštět za vzniku pružného obalu (celý jev je nazýván biodeteriorace). Poustevníček (*Pagurus prideaux*) díky sasance nemusí vyměňovat ulitu, neboť ho vytvořený obal chrání před vnějšími vlivy. Jednostranně výhodné soužití provozují hlaváči sasankoví a krabi rodu *Inachus* se sasankou hnědou (*Anemonia sulcata*), která jim poskytuje bezpečné útočiště. Na skalách vytváří velké žlutohnědé kolonie a fialové samostatné jedince (Petrušek, 2005a; Smrž, 2019).

Nesmíme opomenout významného zástupce Středoziemního moře – sasanku koňskou (*Actinia equina*), která je zbarvena do červených barevných tónů. Sasanky žijící v jiných evropských mořích mají olivově zelenou barvu, která je přičítána jednobuněčným řasám (zooxantelám). Tudíž usuzujeme, že sasanky Středoziemního moře mají řasy potlačené karotenoidy z potravy (Petrušek, 2005a; Sedlák, 2003).

- řád: větvníci (Scleractinia)

Větvníci neboli praví koráli tvoří kolonie z koster z uhličitanu vápenatého (Brusca et Brusca, 2003). Žijí především v teplejších mořích a jsou největšími producenty korálových útesů. Koráli se symbiotickými zooxantelami uvolňují velké množství kyslíku, což je důležité pro život polypů. I po jejich smrti zůstávají schránky nedotčené, a proto je můžeme považovat za útesotvorné živočichy. Předčasný úhyn korálů může být způsobem znečištěním nebo přemnožením bakterií. Významným zástupcem tohoto řádu je například rod větvník (*Mandrepora*), korál mozkový (*Diploria*) nebo útesovník protáhlý (*Cladocora caespitosa*), jehož kolonie dosahuje délky několika decimetrů (Petrušek, 2005b; Sedlák, 2003; Smrž, 2019).

- řád: červnatci (Ceriantharia)

Červnatci jsou podobní sasankám, ale mají červovitě protáhlé tělo bez schránky. Otvor na spodní straně těla slouží k odstraňování vody z láčky. Zajímavým zástupcem je červnatec sasankový (*Cerianthus membranaceus*), který je uchycený ve skalních štěrbinách. Zbarvení je velmi různorodé – od bílé až po žlutou (Petrušek, 2005b, Sedlák, 2003).

- řád: Corallimorpharia

Řád Corallimorpharia zahrnuje jak koloniální, tak samostatné zástupce bez vnějších schránek (Brusca et Brusca, 2003). Ve Středomoří se nachází korálovník zelený (*Corynactis viridis*), který má jako červnatec sasankový různé zbarvení (Petrušek, 2005b).

- řád: trnatci (Antipatharia)

Trnatci neboli černí koráli získali svůj název podle černé kostry z rohoviny, která se využívá k výrobě šperků. Na schránce vytváří trny, tudíž kolonie působí ostrým dojmem. Patří sem například rod *Antipathes* z území Středozemního moře (Brusca et Brusca, 2003; Sedlák, 2003).

- řád: sasankovci (Zoanthidea)

Sasankovci jsou nejen svým názvem podobní pravým sasankám. Většina zástupců nemá schránku, a tak si zabudovává do těla malé částičky písku. Někteří jsou označováni jako epizoiti, kteří žijí na korýších a jiných korálnatcích. Středozemní moře poskytuje vhodné prostředí zejména sasankovci jeskynnímu (*Parazoanthus axinellae*), který roste na koloniích hub rodu *Axinella* (Petrušek, 2005b; Sedlák, 2003; Šifner, 2004).

5 Korálové útesy

5.1 Vznik a vývoj

V průběhu geologických proměn Země docházelo ke změnám v rozdělení mořských a pevninských částí související se vznikem a rozvojem korálových útesů. V paleozoiku vznikaly první formy korálnatců s mineralizovanou schránkou. Mezi důležité stavitele této doby se řadí stromatopory (Stromatoporoidea), deskatí (Tabulata) a drsnatí (Rugosa) koráli. Bohužel byl vývoj útesů zpomalen velkým vymíráním na konci devonu (Coronado et al., 2016; Křížová, 2016). Korálové útesy této doby se objevily v Severní Americe, v Grónsku za polárním kruhem nebo v severní Evropě. Pro vznik byly důležité vhodné podmínky vnějšího prostředí – vyšší teplota moří. Po vymření korálů převzaly funkci hlavních stavitelů stromatopory (Stromatoporoidea) a mechovky (Bryozoa).

Největší a nejdůležitější vývoj probíhal v mesozoiku – svrchním triasu. Díky vzniku šestičetných korálů (Hexacorallia) z řádu Scleractinia byly vytvořeny útesy na pobřeží Tethysu v oblasti Středozemního moře (Pfleger, 1989). Třetihory jsou charakterizovány klimatickými změnami, a to střídáním teplejších a chladnějších období. Vzhledem ke kolísání teplot vznikalo jen malé množství útesů. Při změně poloh kontinentů došlo k uzavření migrační cesty rozdělením moře Tethys, a tím bylo odděleno od Indického oceánu. Tuto změnu doprovázel vznik největších útesových oblastí Atlantiku a Indo-Pacifiku. Hlavní složkou útesů terciéru byl řád Scleractinia. Typické korálové útesy dnešní doby jsou ovlivněny střídáním dob ledových (glaciálů) a meziledových (interglaciálů). Častá změna hladiny moře je spojována s vyhynutím různých druhů korálů (např. rod *Fungia*, *Hydnophora*, aj.). Více odolné druhy přežily především v teplejších oblastech Karibiku (Pfleger, 1989; Křížová, 2016).

5.2 Charakteristika a typy útesů

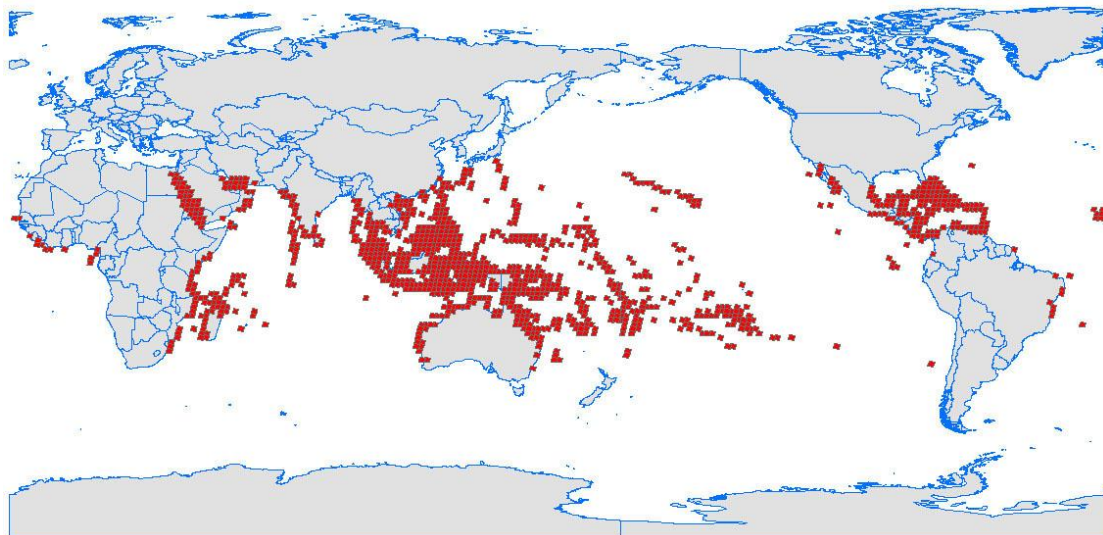
Korálové útesy neboli „deštné pralesy moře“ se nacházejí především v tropickém a subtropickém podnebném pásu. Samostatní koráli jsou rozšířeni napříč zeměkoulí. Korálové útesy lze definovat jako spojení kolonií polypů, které jsou propojeny živou tkání. Díky srůstu schránek z uhličitanu vápenatého vznikají rozlehlé útesové komplexy z velkého množství korálnatců. Růst korálů probíhá velmi pomalu

(zhruba 3–20 mm/rok), a proto se mohou tvořit až několik milionů let (Knowlton, 2001b; Miththapala, 2008; Pflieger, 1989). Pro prosperitu vyžadují teplotu vody mezi 16 až 36 °C (ideálně kolem 25 °C), dostatek světla vzhledem k symbióze s řasami, pevný substrát k usazení, salinitu vody 35 ‰. Důležitým faktorem je i sedimentace písku, bahna a kalu, která způsobuje na pravých korálech jejich úhyn. Poskytují útočiště mnohým druhům ryb a dalších organismů (Knowlton, 2001b; Pflieger, 1989; Poláková, 2017; Thurman, Trujillo, 2005).

Jsou rozlišovány dva hlavní typy korálů – měkké a tvrdé. Tvrdí (kamenití) koráli vylučují uhličitán vápenatý a po jejich úmrtí se schránky shromažďují na sebe, a tím dávají vzniknout korálovým útesům. Převládají v Indo-Pacifiku, zatímco měkkí koráli obývají moře Karibiku a Atlantiku. Měkkí koráli nemají pevnou schránku, ale jejich tělo je zpevněné drobnými částicemi vápníků (spikuly). Často vyplňují volné prostory mezi tvrdými korály v místech silných proudů a spojují jednotlivé části útesů (Miththapala, 2008; Shostak, 2005).

Korálové útesy jsou členěny na tři hlavní typy: lemové, bariérové a atoly. Ačkoliv existuje velké množství útesů, které nelze zařadit mezi základní modely. Lemové útesy jsou tvořeny korály v mělkých vodách na hranici s pobřežím, nebo jsou od břehu odděleny úzkým úsekem vody. Díky namnožení korálů se rozšiřují směrem ke břehu a otevřenému moři, zatímco střed útesu je utvořen částečně odumřelými korálnatci. Nacházejí se v blízkosti Srí Lanky, Thajska, Madagaskaru, Jávy. Bariérové útesy vybíhají paralelně s pobřežím, ale jsou od něj odděleny lagunou. Mohou být od břehu vzdáleny až desítky kilometrů. Útes nemusí být souvislý, tvoří téměř souběžné vnitřní a vnější hřbety. Vnitřní zasahují do laguny a součástí vnějšího okraje je velké množství koloniálních korálů pod mořskou hladinou (Goreau et al., 1979; Miththapala, 2008; Pflieger, 1989). Nejznámějším vzorovým příkladem je Velký bariérový útes na severovýchodním pobřeží Austrálie. Korálový komplex pokrývající plochu 348 000 km² byl roku 1981 zapsán na seznam UNESCO. Vzhledem k velké rozmanitosti druhů organismů (400 druhů korálů, 1 500 druhů ryb a 4 000 druhů měkkýšů) je považován za jedno z nejkrásnějších míst na Zemi (whc.unesco.org, 2022). Atoly se liší od ostatních modelů svým prstencovým tvarem se svahem klesajícím do hluboké vody. Obklopují (někdy částečně) ostrov, který klesá pod hladinu moře, a tím uzavírají centrální lagunu, která může dosahovat hloubky

až 30 m. Prsten, který ohraničuje lagunu, je složen z malých ostrůvků s průlivy umožňujícími přísun vody z oceánu. Mnohé atoly vyrůstají na sopečných kuželech. Mezi nejznámější lokality patří Maledivy s 26 atoly a území jižního Pacifiku.



Obrázek 11: Rozšíření korálových útesů (převzato z: Jenner, 2007)

5.3 Biodiverzita

Korálové útesy jsou nejrozmanitější mořské ekosystémy na zeměkouli. Odhaduje se, že jejich součástí je minimálně 600 000 až 9 milionů druhů na celém světě. Diverzita se mění vzhledem k poloze. Největší rozmanitost je pozorována v západním Pacifiku a Indickém oceánu, ale se zvyšující se vzdáleností do Indo-australského souostroví klesá (Knowlton, 2001a). Bohužel lidská činnost korálové útesy přímo poškozují (nadměrný rybolov, obohacování živinami, vypouštění chemikálií, aj.) nebo snižuje jejich životnost nevědomky změnami interakce mezi predátory, konkurencí a patogeny. Vlivu člověka na ztrátu korálů se přisuzuje 30–60 % a 25 % ztráta biodiverzity je zaznamenána za necelých 15 let (Knowlton, 2001b).

V komplexu korálových ekosystémů nežije žádný organismus izolovaně od ostatních. Živočichové se museli naučit odolávat tlakům predace, konkurence, a proto se mezi organismy vytvořily mechanismy maskování, obranné mechanismy a komensalismus. Klíčový pro vznik útesů je symbiotický vztah mezi korálnatci a řasami.

Druhy se v různých korálových útesech od sebe odlišují v závislosti na podmínkách prostředí. Téměř ve všech útesech jsou zastoupeny druhy euryekní, například mozkovník karibský (*Diploria strigosa*) či *Favia fragum*. Zástupci žijící jen v přesně vymezených životních podmínkách jsou nazývány stenoekní (Spalding et al., 2001; Pflieger, 1989).

Stejně jako u jiných ekosystémů je pro život klíčové světelné záření, které zachycují fotosyntetické organismy a proměňují jej na organické molekuly. Nedílnou součástí korálových útesů jsou řasy, které slouží i k samotné stavbě. Mezi základní druhy, které zde najdeme, patří: ruduchy (Rhodophyta), hnědé řasy (Phaeophyta), zelené řasy (Chlorophyta) a dříve mezi řasy řazené sinice (Cyanobacteria). Neméně důležitá je skupina obrněnek (Dinoflagellata) se zooxantelami. Ty žijí v tělech organismů jako endosymbionti. Mezi nejdůležitější stavitele korálových útesů z řad žahavců je považován řád větvníků (Scleractinia). Mezi další zástupce nacházející se například v útesech Karibiku patří: rohovitky – rohovitka karibská (*Erythropodium caribaeorum*), trsovník lékařský (*Plexaura Homomalla*); sasanky – sasanka růžová (*Condylactis gigantea*); větvníci – větvník dlanitý (*Acropora palmata*); medúzovci – talířovka ušatá (*Aurelia aurita*), kořenoústka sluneční (*Cassiopea xamachana*). Vyjma samotných žahavců (Cnidaria) se zde objevují skupiny houbovců (Porifera), mechovek (Bryozoa), korýšů (Crustacea), měkkýšů (Mollusca), ostnokožců (Echinodermata), pláštěnců (Tunicata) a obratlovců (Vertebrata) s nejpočetnější skupinou ryb. Z ryb jsou pro správný vývoj útesu důležití králíčkovci (*Siganidae*) a bodloci (*Acanthuridae*), kteří požírají řasy a tím regulují jejich růst (Pflieger, 1989; Spalding et al., 2001; Wood et Wood, 2004).

5.4 Přínos

Korálové útesy jsou důležité pro lidský život, neboť se jedná o prostředí s největší produkcí biomasy, a tím je zajišťována výživa obyvatelstva. Významným hlediskem je i turistika a rozvoj cestovního ruchu (potápěčství, jachting, aj.). Využití bylo prokázáno ve farmaceutickém průmyslu, a to díky druhu *Plexaura homomalla*, který obsahuje prostaglandin sloužící k léčbě poruch oběhové soustavy. Dalším odvětvím, které je spojené s korálovými útesy a využitím uhličitánu vápenatého, je stavebnictví. Korálové útesy tvoří přirozenou bariéru, která chrání před tlakem moře (Pflieger, 1989; Miththapala, 2008).

5.5 Ohrožení

Jak již bylo v textu zmíněno, člověk ohrožuje svým jednáním růst a vývoj korálových útesů, a tím narušuje chod celého ekosystému – nadměrný rybolov, nepovolené způsoby rybolovu (dynamit, kyanid), vypouštění chemikálií, spalování fosilních paliv, mechanické poškozování, využívání pro rekreační účely (suvenýry, akvarijní trh). S lidskou činností je spojováno globální oteplování a změna klimatu. Vzestup mořské hladiny a celkové změny klimatu negativně ovlivňují korálové útesy. Během změny hladiny moře se mění i hloubka, v které se koráli nachází. Jelikož se jedná o organismy s fotosyntetizujícími zooxantelami, tak při posunu vody dochází ke zmenšení množství dopadajícího světla, a tím může dojít k inhibici růstu korálových polypů. Nejvíce diskutovaný jev ve spojení s problematikou zvyšování teplot moří se nazývá tzv. bělení korálů. Koráli mají velmi omezené životní podmínky a v případě, že se změni teplota vody nad 25–29 °C, tak dochází ke zmizení zooxantel. Jelikož se jedná o hlavní zdroj výživy, tak začínají hladovět a ztrácí svou pigmentaci, a proto se zbarví do bílé barvy. V tomto stadiu mohou přežívat maximálně několik měsíců a bez vymizení stresového faktoru zahynou. Spalováním fosilních paliv dochází k navyšování množství CO₂ v oceánech. Po rozpuštění CO₂ se vytváří kyselina uhličitá a kvůli ní dochází ke snížení schopnosti polypů srážet uhličitán vápenatý, a tím tvořit schránky (Miththapala, 2008; Spalding et al., 2001; Wood et Wood, 2004).

Koráli mohou trpět onemocněním jako je například černá choroba korálů (black band disease), která byla poprvé zdokumentována v 70. letech 20. století v Karibiku. Choroba začíná malou černou skvrnou, která se postupně rozšiřuje do celé kolonie. Tmavá linie je způsobena sinicí *Phormidium corallyticum*. Po zničení tkání z korálů zůstává pouze holá kostra (Richardson, 2004; Wood et Wood, 2004).

Koráli soustředění do útesů mají přirozené predátory, kteří poškozují jejich strukturu a celistvost. Ploskozubci (čeled' Scaridae) ničí korál odlamováním a seškrabováním pomocí srostlých zubů zakončených ostrým okrajem. Tvarem zubů se podobají zobáku papouška, a proto bývají nazýváni „papouščí ryby“. Dalšími rybami, které negativně působí na korály, jsou klipky (čeled' Chaetodontidae). Oproti ploskozubcům využívají jemné zuby. Po vykousnutí části korálu se polypi stáhnou do koralitů, a tudíž se ryba přesměruje k dalšímu korálu. Nejznámějším dravcem korálů je

hvězdice „trnová koruna“ (*Acanthaster planci*), která v druhé polovině minulého století poničila značnou část Velkého bariérového útesu. Tito dravci vylučují z těla trávicí šťávy, které rozloží tělo polypů a umožní nasát poničenou tkáň. Hvězdice se nachází napříč Indo-Pacifikem a při nekontrolovaném přemnožení ničí velkou část útesů. Jejimi predátory jsou například pyskouni hrbolátí (*Cheilinus undulatus*) a tritoni obrovští (*Charonia tritonis*). Předpokládáme, že nadměrný rybolov jeho přirozených predátorů je jedním z hlavních důvodů přemnožení uvedené hvězdice (Miththapala, 2008; Pflieger, 1989; Spalding et al., 2001).

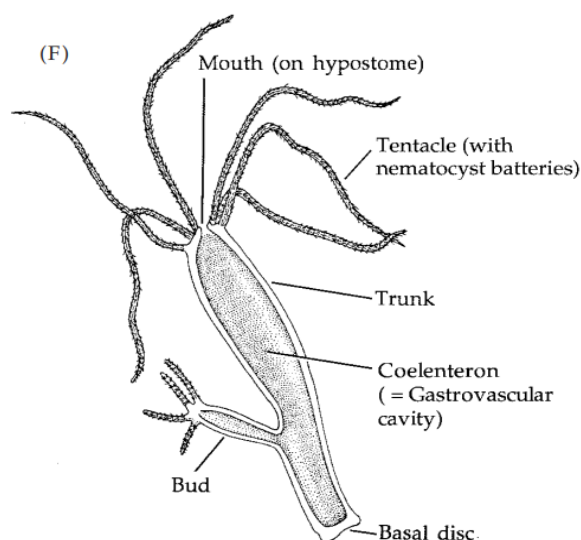
6 Žahavci v České republice

Tato kapitola se zabývá zástupci třídy Hydrozoa, kteří se vyskytují v našich vodách. Zaměřuji se na obecnou charakteristiku a seznámení s různými druhy nezmarů a medúzou sladkovodní (*Craspedacusta sowerbii*).

6.1 Nezmaři (Hydrida)

Jedná se o sladkovodní organismy, nejčastěji přichycené k předmětům stojatých vod. Nenajdeme je ve vodách se silnými proudy. Nezmaři jsou při smrštění velcí cca 1 mm, s nataženými chapadly více než 1 cm (Buchar et al., 1995; Hanel, Lišková, 2003). Pohybem chapadel s knidocyty zachytává svou kořist – planktonní korýše a jiné malé organismy (Papáček et al., 1994).

Nezmaři mohou sloužit jako potrava jiných živočichů. Ploštěnka maloústka podlouhlá (*Microstomum lineare*) požírá nezmary tak, že po pozření přijímá žahavé buňky své oběti. Získané intersticiální buňky jsou nazývány kleptoknidy. Existují organismy, které jsou komenzály nezmarů, například nálevník brousilka nezmaří (*Trichodina pediculus*) nebo paslávinka nezmaří (*Kerona pediculus*). Tyto jednobuněčné organismy požírají bakterie a zbytky nestrávené potravy na povrchu nezmařího nositele (Altmann, Lišková, 1979; Horsák, 2014).



Obrázek 12: Tělo nezmara (převzato z: Brusca et Brusca, 2003, s. 228)

Žahavé buňky ve shlucích na ramenech slouží k lovu potravy a ochraně. Na chapadlech jsou spolu s nimi i smyslové buňky. Výboj, který je regulován bateriovými komplexy na ramenou, závisí na extracelulárním Ca^{2+} (McLaughlin, 2017). Žahavé buňky obsahují na podněty citlivý výběžek (knidocil). Na spodní straně má víčko (operculum), které uzavírá váček se stočeným vláknem. Při podráždění knidocilu se otevře operculum, vystřelí obsah váčku a zabodne se do kořisti. Naši nezmaři mají čtyři typy žahavých buněk – penetranty, volventy, streptoliny a stereoliny. Stereoliny a streptoliny bývají souhrnně označovány glutinanty, a tudíž mohou být v literatuře zmíněny pouze tři druhy nematocytů. Penetranty jsou opatřeny harpunou se třemi stiletý. Žahavé vlákno se po mechanickém podráždění knidocilu otočí naruby, naruší tělní stěnu kořisti a vstříkne jedovatou tekutinu (hypnotoxin), a tím živočicha usmrtí. Vlákno volventů se pouze po vystřelení obtáčí okolo těla oběti. Glutinanty vypouští lepivá vlákna, která znemožní útěk loveného živočicha. Glutinanty slouží nejen k lovu, ale i pohybu a přichycení k podkladu. Všechny žahavé buňky účinkují jen jednou, po vystřelení není možné je zatáhnout zpět (Altmann, Lišková, 1979; Nováková, 2016; Sedlák, 2003). Jednotlivé druhy nezmarů poznáváme (vyjma velikosti a barvy) podle žahavých buněk, které tlakem rozmáčkneme na krycím sklíčku, a tím dochází k uvolnění knidy (Buchar et al., 1995).

Nezmar obecný (*Hydra vulgaris*)

Nezmar obecný je důležitý pro ekosystémy, protože je považován za bioindikátor čistoty sladkovodního prostředí – indikuje toxicitu znečišťujících látek (Beach, Pascoe, 1998). Noha je pouze slabě oddělena od těla. Nezmar dorůstá délky 2 cm a jeho chapadla mohou být více než dvojnásobně delší. Nejčastěji má 6–7 chapadel, ale někteří jedinci jich mohou mít až dvanáct. Vlákna streptolinů mají tři příčné nebo podélné závitě. Rozmnožování probíhá v letních měsících a jedná se o hermafrodita (Altmann, Lišková, 1979; Buchar et al., 1995; Smrž, 2019).

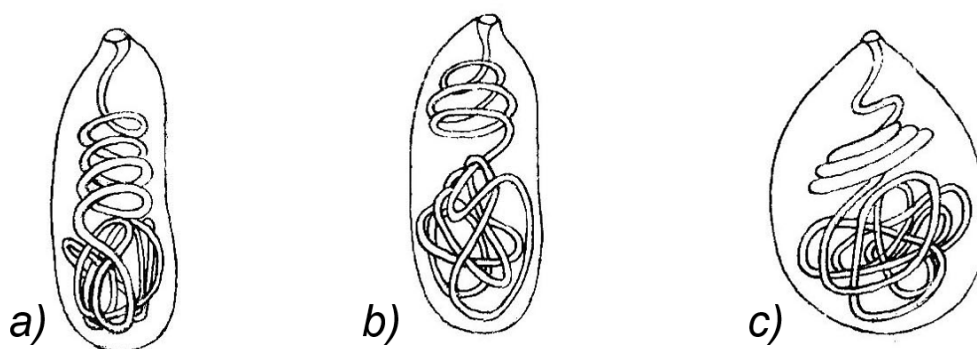
Nezmar štíhlý (*Hydra attenuata*)

Nezmar štíhlý může být zaměňován s nezmarem opásaným, neboť název *H. attenuata* byl přiřazen světlému polypovi, který je dnes označován jako

H. circumcincta. Tudiž v literatuře mohou být názvy považovány za synonyma (Campbell, 1989; Horsák, 2014). Tělo nezmaru štíhlého je tvořeno 6–12 rameny, které jsou o trochu větší než celková délka organismu (zhruba 2 cm). Streptoliny tohoto gonochoristy mají vlákna se čtyřmi příčnými závití (Altmann, Lišková, 1979; Buchar et al., 1995)

Nezmar opásaný (*Hydra circumcincta*)

Tento vzácnější druh se před světlem schovává (je fotofobní) na kamenech a listech mělkých vod. Je světle zbarvený (bělavý, případně červený díky pigmentům v přijímané potravě), a 5 mm velký nezmar obsahuje vějířité streptoliny (Buchar et al., 1995; Knight, Johns, 2012).



Obrázek 13: Streptoliny nezmarů, a) *n. štíhlý*, b) *n. obecný*, c) *n. opásaný* (převzato z: Buchar et al., 1995, s. 51)

Nezmar ostropouzdrý (*Hydra oxycnida*)

Svou velikostí (1,5–2 cm) se podobá ostatním zástupcům. Liší se stavbou penetrantů, které jsou ve spodní části nejširší a směrem nahoru se zužují do ostrého hrotu (Buchar et al., 1995; Sumner, 2016).

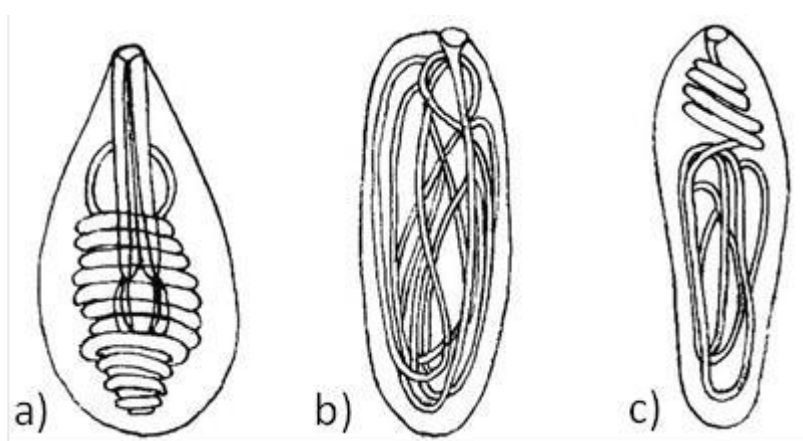
Nezmar hnědý neboli nezmar podélník (*Pelmatohydra oligactis*)

Nejhojnějším druhem našich vod je nezmar hnědý, který dostal název podle svého hnědého zbarvení. Tělo je zřetelně oddělené od užší stopky. Svou velikostí převyšuje ostatní (1–3 cm), a tím se řadí mezi největší nezmary. Výrazně se odlišuje délkou svých 4 až 6 chapadel, které mohou být třikrát až pětkrát delší než tělo. Glutinanty jsou oválného

tvaru a vlákno uvnitř je vinuto podélně. Rozmnožování závisí na ročním období. Při teplotách pohybujících se okolo 18–22 °C se dělí nepohlavně, tzv. pučením. Vyšší teplota pomáhá blokovat tvorbu spermií tak, že do jejich dráhy vstupují monoklonální protilátky. Při změně vnějších podmínek, kdy dochází k poklesu teploty na 10–12 °C se začínají vyvíjet pohlavní orgány a dochází k diferenciaci gamet. V potocích a jezerech jsou nejčastěji uchyceni na kamenech (Altmann, Lišková, 1979; Buchar et al., 1995; Knight, Johns, 2012; Littlefield et al., 1991).

Nezmar zelený (*Hydra viridissima*)

Vzácněji rozšířený nezmar, obývající menší vodní toky, tůňe a příkopy, je nejlépe odlišitelný od jiných druhů, a to díky svému zelenému zbarvení. Zelená barva je způsobena mutualistickým vztahem se zelenými řasami rodu *Chlorella*, které jsou vnitřní součástí buněk. Zoochlorelly využívají CO₂ vyprodukovaný nezmarem a poskytují kyslík jako produkt fotosyntézy. Dříve tyto „zelené hydry“ tvořily vlastní rod *Chlorohydra* (Horsák, 2014; Knight, Johns, 2012; Papáček et al., 1994). Chapadla jsou, oproti nezmaru hnědému, o polovinu menší než je tělo. Tělo měří zhruba 1 cm se slabě oddělenou stopkou. Žahavé buňky mají tvar podobný trepce a zmenšují se k dolnímu konci. Nejčastěji ho nalezneme v jarních měsících, ještě před tvorbou pohlavních orgánů, které probíhá v létě (Altmann, Lišková, 1979; Buchar et al., 1995; Ma, Yang, 2010; Papáček et al., 1994).



Obrázek 14: Žahavé buňky nezmarů, streptoliny nezmarů, a) *n. ostropouzdrý*, b) *n. hnědý*, c) *n. zelený*
(převzato z: Buchar et al., 1995, s. 51)

6.1.1 Sběr, chov a pozorování

Nezmary najdeme v čistších vodách – tůních, potocích a řekách s pomaleji tekoucí vodou. Na listech vodních rostlin (vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*), rdesno (*Potamogeton* sp.)) mají podobu slizových chomáčků. Vodní rostliny s vodou nabere do sklenice a necháme v klidu. Po přibližně hodině (možno i déle) začnou natahovat chapadla a můžeme pozorovat jejich pohyb (Altmann, Lišková, 1979; Hanel, Lišková, 2003).

Delší dobu je možné nezmary chovat v akváriích, ačkoliv musíme udržovat vhodné podmínky pro přežití. Akvárium by mělo být umístěno na místě s dostatkem světla (musíme se vyhnout přímému slunečnímu svitu) a plněno vodou z jejich přirozeného stanoviště. Nezmarům je třeba dodávat potravu (buchanky, perloočky, případně drobné kousky žížal). Jelikož jsou velmi citliví na množství kyslíku ve vodě, je vhodné do nádoby přidat vodní rostliny (Altmann, Lišková, 1979).

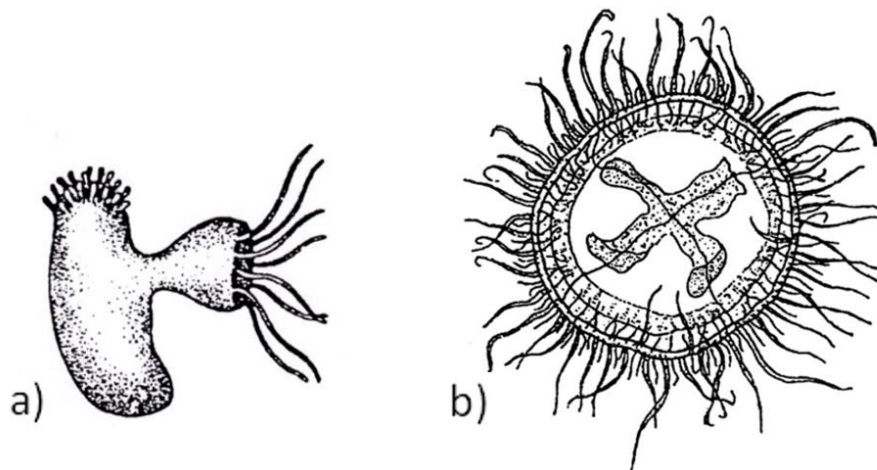
Pozorování nezmarů je možné využít i ve školním prostředí při laboratorních pracích (Altmann, Lišková, 1979). Příklady jsou uvedeny v kapitole zaměřené na využití žahavců ve výuce.

6.2 Medúzka sladkovodní (*Craspedacusta sowerbii*)

Medúzka sladkovodní (*Craspedacusta sowerbii*), někdy nesprávně označovaná *Craspedacusta sowerbyi*, jak můžeme najít v literatuře druhé poloviny 20. století, patří do třídy Hydrozoa, řádu Limnomedusae a čeledi Olindiidae (Fritz et al., 2007; Hroudova et al., 2012).

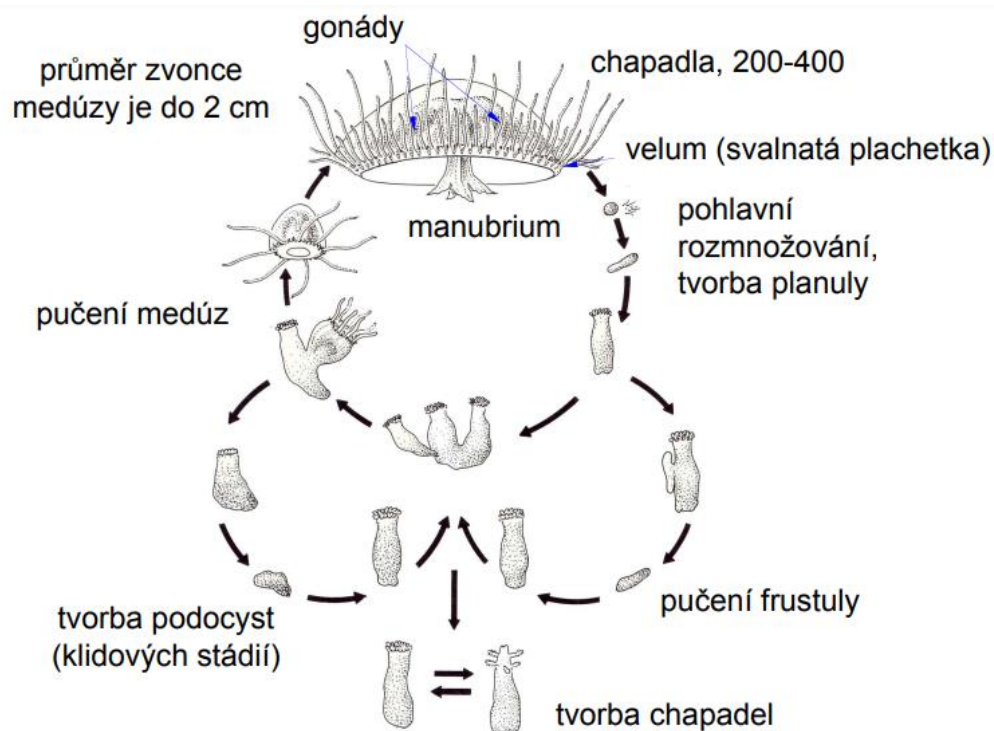
Drobný polyp je zhruba 1–2 mm velký, bez chapadel, kyjovitěho tvaru se shluky knidocytů. Medúza je cca desetinásobně větší (20 mm), v dospělosti s 200–400 chapadly na okrajích zvonu (Buchar et al., 1995; Sedlák, 2003). Dospělá medúza bývá členěna na aborální (exumbrellu) a orální (subumbrellu) část zvonu. Na spodní části zvonu bývá velum (plachetka, svalnatý lem). Díky fyziologické stavbě klobouku se může volně pohybovat v proudu vody. Pohyb provádí tak, že zhruba o polovinu smrští dolní část umbrelly. Klobouk se zužuje a vykluje. Určité množství vody, které se dostalo do klobouku, se uvolní, a tím dojde k posunu medúzky ve směru vyklenutí. Pulsace se

neustále opakuje, a proto působí plynulým dojmem (Brusca et Brusca, 2003; Hanel, Lišková, 2003).



Obrázek 15: a) polyp s pučící medúzou, b) medúzka sladkovodní – pohled shora (převzato z: Hanel, Lišková, 2003, s. 9)

Během metageneze dochází ke střídání přisedlé a pohyblivé generace. Po oplození vajíčka vzniká obrvená larva (planula), z níž se po přisednutí vyvíjí polyp (Petrušek, 2015). Rozmnožování polypů probíhá nepohlavně pučením za vzniku nových jedinců na těle původního polypa. K nepohlavnímu množení může také dojít tvorbou speciálních útvarů, tzv. frustul. Frustuly jsou, po oddělení od mateřské generace, přenášeny vodními proudy, a po jejich zakotvení k podkladu probíhá frustulace – dorůstání v polypa (Hanel, Lišková, 2003; Smrž, 2019). Pučení mladé medúzky z polypa je podpořeno vhodnými okolními podmínkami. Správná teplota pro vznik nových jedinců se pohybuje okolo 25 °C, tedy v mírném pásu se jedná o letní měsíce. Dospělé medúzy jsou jednopohlavní, a tak se na daném stanovišti množí pouze v přítomnosti obou pohlaví (Duggan, Eastwood, 2012; Horsák, 2014). Při výrazném poklesu teploty vody pod 10 °C přežívá ve formě polypa, který v nepříznivých vnějších podmínkách tvoří odolné mikrofustuly či podocysty (Petrušek, 2015).



Obrázek 16: Životní cyklus medúzky sladkovodní (převzato z: Horsák, 2014)

Rozdílná pohlaví jsou rozpoznatelná pouze pod mikroskopem. Zkoumány jsou jejich čtyři gonády uvnitř zvonu. Samičí pohlavní orgány obsahují vajíčka a součástí samčích orgánů jsou spermie viditelné při větším zvětšení (Hroudova et al., 2012; Petrusek, 2015).

Medúzka obývá sladké vody, především lomy, pískovny, rybníky, přehrady, ale i přírodní nádrže. Nejčastěji se nachází v umělých nádržích, které jí pravděpodobně poskytují výhodu stálějšího chemického složení vody (Fritz et al., 2007). Preferuje spíše oligotrofní vody, ačkoli polypům vyhovují oblasti s nižší sedimentací a hojným výskytem řas. Je řazena mezi dravce, a proto pomocí žahavých buněk loví vířníky a planktonní korýše. Díky pozorování bylo prokázáno, že po nakrmení se polyp zmenšují o polovinu a při hladovění se zvětšují téměř dvojnásobně (Duggan, Eastwood, 2012; Hanel, Lišková, 2003).

Na lov medúzek sladkovodních je vhodná doba v létě (ideálně v srpnu). Při sběru fytoplanktonu ji zachytíme do sítky a pod vodou přemístíme do nádoby. Musíme s ní manipulovat velmi opatrně, neboť je křehká a snadno dojde k poškození. Polyp zůstává

nejčastěji uchycen na předmětech ve vodě (kůly, větve, aj.). Ačkoli jsou polypi mnohem rozšířenější než medúzy, tak je spatříme jen velmi vzácně (Duggan, Eastwood, 2012; Hanel, Lišková, 2003).

Medúzka sladkovodní byla poprvé zaznamenána a popsána roku 1880 v botanické zahradě Kew Gardens v Londýně. Tajemník Královské botanické společnosti William Sowerby ji našel v nádrži, kde se pohybovala mezi leknínem viktorií královskou (*Victoria amazonica*). V souvislosti s leknínem z Jižní Ameriky bylo usouzeno, že medúzka pochází ze stejné oblasti. Po objevu byly předneseny dvě různé varianty pojmenování nového druhu. E. Ray Lankester (1880) navrhl pojmenovat medúzku *Craspedacusta sowerbii*. J. Allmanovi (1880) připadalo správné ji nazvat podle leknínu *Limnocodium victoria*. Spor o jméno vyhrál Lankester, a tudíž medúzka nese druhové jméno po svém objeviteli (Fritz et al., 2007; Petrušek, 2015). V průběhu let byly pozorovány v umělých nádržích i v jiných zemích – USA, Německo, Francie, aj. Zlomovým okamžikem byla 50. léta 20. století, během nichž bylo potvrzeno, že druh pochází z povodí řeky Jang-c'-ťiang v Číně. Důkazem, že původním stanovištěm medúzky je jihovýchodní Asie, je výskyt jedinců odlišného pohlaví a další rody tohoto druhu, které jsou dominantní i na dalších kontinentech (Indie, Afrika). Od prvotního objevu byla, bez záměrného zavlečení člověkem, nalezena na všech částech Země vyjma Antarktidy. Tento fakt z ní dělá kosmopolitní druh, který se díky invazi vyskytuje hojně ve sladkých vodách (Duggan, Eastwood, 2012; Fritz et al., 2007; Petrušek, 2015).

Medúzka se dále rozmnožovala a rozšiřovala i do volné přírody. Hlavním předpokladem pro kosmopolitní rozšíření byla činnost člověka. Díky stadiím, která jsou schopná přežít nepříznivé podmínky, mohla být bez větších problémů přepravena na další území. Polypi byli přenášeni s násadami ryb, vodními rostlinami či přímou činností jiných živočichů – ptáků (Petrušek, Šedivý, 2006). První evropský nález je zdokumentován z roku 1911 v Německu. Na našem území byla poprvé, v r. 1930, objevena v Libčicích nad Vltavou. O dva roky později byla pozorována na železničním mostu v Holešovicích. Vlivem zkoumání populace ve Vltavě je v některé české literatuře uváděna jako medúzka vltavská (Havlíček, 2016; Šifner, 2004). V následujících letech je zaznamenán výskyt na Ostravsku, v pískovnách Polabí, v zatopeném lomu v Blansku, v oblasti Jindřichova

Hradce, v pískovně Ovčáry či v lomu v Kojeticích u Neratovic (Havlíček, 2016; Petrusek, Šedivý, 2006; Petrusek, 2015).



Obrázek 17: Výskyt medúzky sladkovodní na území České republiky (převzato z: Petrusek, Šedivý, 2016)

7 Využití žahavců ve výuce na základní a střední škole

7.1 Rámcové vzdělávací programy (RVP)

Rámcové vzdělávací programy (RVP) jsou ve svém platném znění závazné pro vytvoření Školních vzdělávacích programů (ŠVP) podle typu vzdělávání – předškolní, základní, základní umělecký, jazykový a střední. Vzdělávací programy byly uvedeny zákonem č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání.

RVP stanovují podmínky, cíle, obsah a délku vzdělávání u všech typů škol. Zohledňují žáky se specifickými potřebami vzdělávání a zajišťují potřebné hmotné, personální podmínky a bezpečné prostředí pro život a rozvoj (MŠMT, 2020).

7.1.1 RVP pro základní vzdělávání

Revize rámcového vzdělávacího programu z roku 2021 rozděluje učivo do deseti základních vzdělávacích oblastí: Jazyk a jazyková komunikace, Informatika, Matematika a její aplikace, Člověk a společnost, Člověk a jeho svět, Člověk a příroda, Člověk a zdraví, Člověk a svět práce, Umění a kultura a Doplnující vzdělávací obory.

Přírodopis je spolu s dalšími přírodními obory – chemie, fyzika, zeměpis – začleněn do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Člověk a příroda navazuje na prvostupňovou vzdělávací oblast Člověk a jeho svět. Tematický okruh Biologie živočichů zahrnuje kmen žahavců a je situován v přírodopise na 2. stupni základních škol (MŠMT, 2021b).

Tematický okruh definuje množství znalostí, s kterými by měl žák zvládnout dále operovat. Očekávané výstupy uzavírají každý okruh RVP. Tematický okruh Biologie živočichů RVP ZV (MŠMT, 2021b) je doplněn o čtyři očekávané výstupy, kdy žák:

- dokáže porovnat základní vnitřní a vnější stavbu vybraných živočichů a interpretuje funkce orgánových soustav
- porovnává a rozlišuje jednotlivé živočišné skupiny, určuje vybrané živočichy a začlení je mezi hlavní taxonomické skupiny

- dokáže odvodit na základě pozorování základní projevy chování živočichů ve volné přírodě, na příkladech ilustruje jejich styl života a adaptaci na dané prostředí
- shrne podstatný význam živočichů v přírodě i pro člověka; uplatní zásady bezpečného chování při styku se živočichy

7.1.2 RVP pro gymnázia

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia je rozčleněn do osmi oblastí vzdělávání: Jazyk a jazyková komunikace, Matematika a její aplikace, Člověk a společnost, Člověk a příroda, Člověk a svět práce, Člověk a zdraví, Umění a kultura a Informatika.

Obor biologie spadá pod vzdělávací oblast Člověk a příroda. Do stejné jsou řazeny další příbuzné obory: fyzika, chemie, geologie a geografie. Kmen bezobratlých žahavců je součástí tematického okruhu Biologie živočichů (MŠMT, 2021a).

Součástí tematického okruhu Biologie živočichů jsou očekávané výstupy studentů. Výčet očekávaných výstupů je navrhnut v RVP G (MŠMT, 2021a), kdy žák:

- dokáže charakterizovat hlavní taxonomické jednotky živočichů spolu s jejich významnými zástupci
- popisuje evoluci a adaptaci jednotlivých soustav orgánů
- objasňuje principy základních způsobů rozmnožování a vývoje živočichů
- poznává a pojmenovává (s možným využitím informačních zdrojů) významné druhy živočichů a uvádí jejich ekologické nároky
- posuzuje hodnotu živočichů v přírodě a v různých sektorech lidské činnosti
- charakterizuje jak pozitivní, tak negativní působení živočichů na lidskou populaci
- zvládne popsat základní typy chování živočichů
- hodnotí problematiku ohrožených druhů živočichů a možnosti ochrany

7.2 Vycházející znalosti žáků před exkurzemi

Před tím než budou moci žáci na navržené exkurze, tak by měli ovládat základní znalosti týkající se kmene žahavců, které jsou nezbytné pro pochopení látky a vyplnění náležitých materiálů.

Kmen žahavců (Cnidaria) bývá nejčastěji probírán v 6. třídě 2. stupně základních škol a 1. ročníku (primě) víceletých gymnázií. V rámci čtyřletých gymnázií a vyšších ročníků víceletých gymnázií jsou žahavci v učebních osnovách 2. ročníků a sexty. Uvedené ročníky se mohou mírně lišit v závislosti na tvorbě Školních vzdělávacích programů (ŠVP), které si školy na základě Rámcových vzdělávacích programů (RVP) sami vytvářejí (Malúšová, 2020; MŠMT, 2020; Pelikánová et al., 2014; Vlk, Kubešová, 2018).

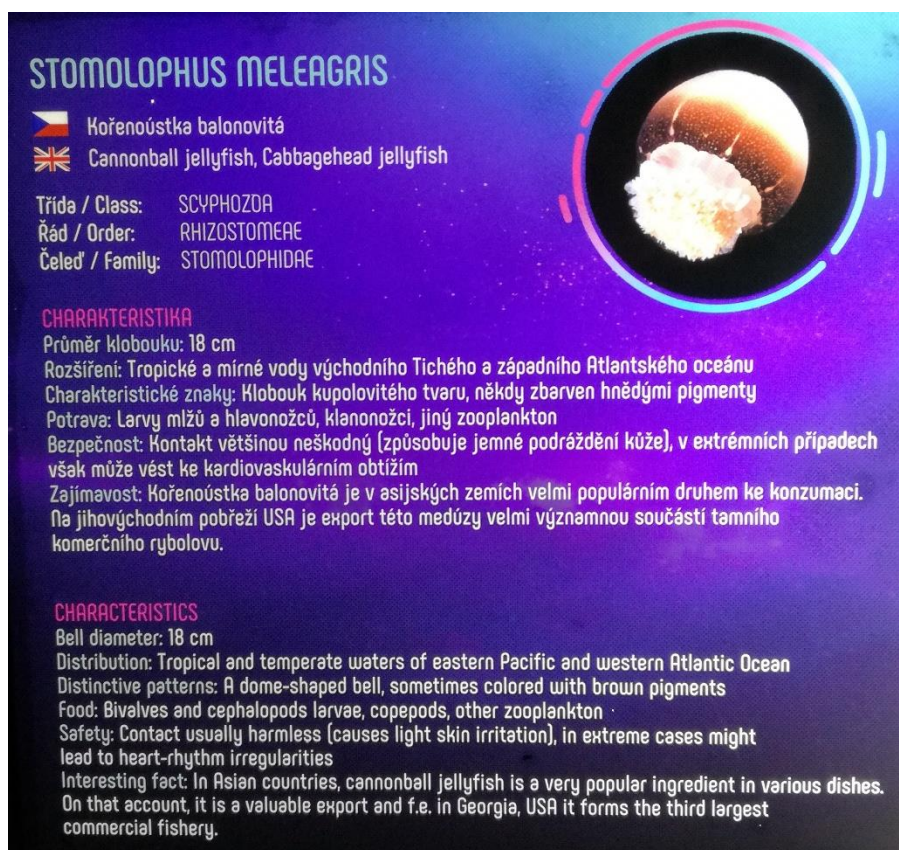
Studenti by měli být seznámeni se zařazením kmene žahavců do říše bezobratlých živočichů. Měli by zvládnout definovat ekosystém, v němž daní živočichové žijí a pohovořit o hlavních znacích skupiny – žahavé buňky, paprscitá souměrnost, trávící, dýchací, rozmnožovací, nervová soustava. Je nutné znát důležité sladkovodní (nezmary) a mořské žahavce (korály, sasanky, medúzy), definovat tyto skupiny organismů a uvést vzorové zástupce (sasanka koňská, talířovka ušatá, korál červený, aj.). Součástí základních znalostí je i stavba korálových útesů, význam žahavců a ohrožení pro člověka (Pelikánová et al., 2014; Vlk, Kubešová, 2018).

7.3 Exkurze do expozice Svět medúz

Svět medúz se nachází na střeše OC Arkády Pankrác, tudíž vede k expozici velmi dobrá dopravní dostupnost. Jedná se o unikátní expozici s medúzami v kulatých akváriích doprovázené audiovizuálními efekty. Medúzarium neumožňuje průvodcovskou službu, a proto je vhodné žáky s obsahem výstavy dopředu slovně seznámit. Jako výukový materiál navrhuji pracovní listy (viz příloha), které obsahují různorodá cvičení zaměřená jak na osvojené znalosti, tak na kritické myšlení a schopnost žáků vyhledávat a využívat informace jim poskytnuté na nástěnných cedulích.

Vedle akvária s medúzou je vždy pověšená informační cedule s pojmenováním, zařazením do systematiky a základními údaji o medúze. Součástí charakteristiky je

průměr klobouku, rozšíření, charakteristické znaky, potrava, bezpečnost a zajímavost vztahující se ke konkrétnímu druhu. Svět medúz poskytuje velké množství zajímavých informací, které jsou pro žáky užitečné z hlediska propojení informací s konkrétní živou medúzou.



Obrázek 18: Informační cedule – *Stomolophus meleagris* (foto autorky)

Exkurze je vhodná pro žáky 6. ročníků základních a středních škol, kteří již získali potřebné informace k práci s výukovými listy. Předpokládaná doba trvání exkurze se pohybuje mezi 45–60 minutami čistého času. Učitel či jiná pověřená osoba by měla být ochotná pomáhat žákům, kteří pomoc vyžadují.

V akváriích se nacházejí medúzy z tříd medúzovců (Scyphozoa), polypovců (Hydrozoa) a čtyřhranek (Cubozoa). Většina druhů je uvedena pod českým, anglickým i latinským názvem, pokud pro medúzu existuje český ekvivalent. Pro lepší představu zde uvádím zástupce, kteří se ve Světě medúz nacházejí:

- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Semaestomeae (talířovky),
čeleď: Pelagiidae
 - talířovka malajská (*Sanderia malayensis*)
 - talířovka pacifická (*Chrysaora melanaster*)
 - *Chrysaora colorata*
 - jihoamerická „mořská kopřiva“ (*Chrysaora plocamia*)
 - *Chrysaora fuscendens*
 - *Chrysaora pacifica*
- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Semaestomeae (talířovky), čeleď:
Cyaneidae
 - talířovka obrovská (*Cyanea capillata*)
- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Semaestomeae (talířovky), čeleď:
Ulmaridae
 - *Aurelia limbata*
 - talířovka ušatá (*Aurelia aurita*)
 - *Aurelia labiata*
- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Rhizostomeae (kořenoústky), čeleď:
Rhizostomatidae
 - *Rhizostoma luteum*
 - kořenoústka jedlá (*Rhopilema esculentum*)
 - kořenoústka plicnatá (*Rhizostoma pulmo*)
- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Rhizostomeae (kořenoústky), čeleď:
Cepheidae
 - kořenoústka hrbolatá (*Cotylorhiza tuberculata*)
- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Rhizostomeae (kořenoústky), čeleď:
Cassiopeidae
 - kořenoústka sluneční (*Cassiopea xamachana*)
- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Rhizostomeae (kořenoústky), čeleď:
Stomolophidae
 - kořenoústka balonovitá (*Stomolophus meleagris*)

- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Rhizostomeae (kořenoústky), čeleď: Lychnorhizidae
 - *Lychnorhiza lucerna*
- třída: Scyphozoa (medúzovci), řád: Rhizostomeae (kořenoústky), čeleď: Mastigiidae
 - *Phyllorhiza punctata*
 - kořenoústka papuánská (*Mastigias papua*)
- třída Hydrozoa (polypovci), řád: Leptothecata, čeleď: Eirenidae
 - *Eutonina indicans*
 - *Eirene lacteoides*
- třída: Hydrozoa (polypovci), řád: Leptothecata, čeleď: Aequoreidae
 - *Aequorea victoria*
- třída: Cubozoa (čtyřhranky), řád: Carybdeida, čeleď: Carybdeidae
 - čtyřhranka tichomořská (*Carybdea rastonii*)



Obrázek 19: *Chrysaora plocamia* (foto autorky)

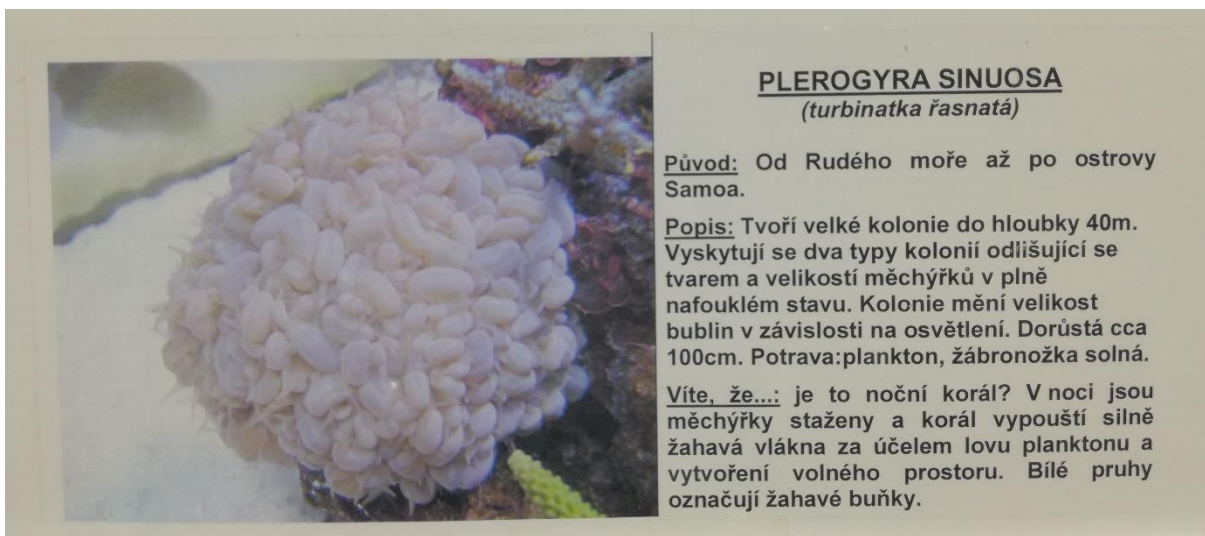
7.4 Exkurze do expozice ZOO Mořský svět

Mořský svět je umístěn na Výstavišti v Praze Holešovicích, pouhý kousek od metra a tramvajové zastávky. Expozice je zaměřená na sladkovodní a mořské druhy ryb a paryb. V akváriích nalezneme také organismy řazené mezi ostnokožce (Echinodermata), korýše (Crustacea) a žahavce (Cnidaria).

Exkurze je určena pro žáky 6. ročníků základních a středních škol, kteří mají látku zaměřenou na kmen žahavců probranou v rámci výuky a zvládnou řešit pracovní listy s danou problematikou. Dobu trvání exkurze odhaduji zhruba kolem 45 minut. Mořský svět nabízí průvodcovskou službu, která bohužel není orientovaná na žahavce, ale pouze na ryby a paryby. Případně by bylo možné exkurzi pořádat v 7. ročníku ZŠ a SŠ po seznámení s kmenem strunatců (Chordata), konkrétně s rybami a parybami, a tím by došlo k propojení učiva bezobratlých živočichů a obratlovců.

K výukovému materiálu, který doplňuje prohlídku expozice, slouží autorský pracovní list (viz příloha). Pracovní list obsahuje různé typy cvičení ověřující pozornost, kritické myšlení a znalosti žáků. Při vyplňování by měli žáci umět hledat informace na informačních cedulích, které se nacházejí u každého akvária.

Informační cedule obsahují pouze minimum informací, a to latinský a český název druhu, ilustrační obrázek, rozšíření, základní popis a zajímavost týkající se daného zástupce. Bohužel jsem našla několik chyb v pojmenování organismů (například *Litopithon* sp. namísto správného *Litophyton* sp.), a proto je třeba žáky na tento problém předem upozornit.

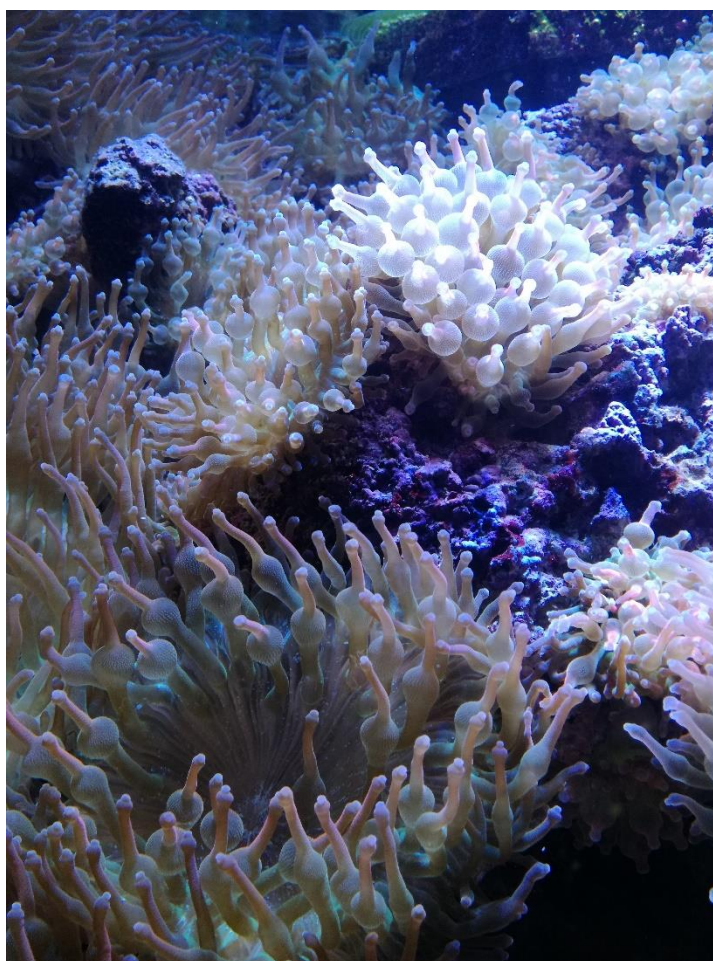


Obrázek 20: Informační cedule – *Plerogyra sinuosa* (foto autorky)

Konkrétně jsem se zabývala částí expozice, která je zaměřena na žahavce, konkrétně koráli (Anthozoa). Uvádím zde zástupce korálů, které žáci mohou zaznamenat:

- třída: Anthozoa (korálnatci), podtřída: Octocorallia (osmičetní), řád: Alcyonacea (laločnice)
 - *Litophyton* sp.
 - laločnice houbovitá (*Sarcophyton ehrenbergi*)
 - *Lobophytum* sp.
 - *Xenia* sp.
 - *Sympodium* sp.
 - *Capnella* sp.
 - *Sinularia* sp.
- třída: Anthozoa (korálnatci), podtřída: Hexacorallia (šestičetní), řád: Actiniaria (sasanky)
 - sasanka obrovská (*Condylactis gigantea*)
 - sasanka čtyřbarevná (*Entacmaea quadricolor*)
 - sasanka menší (*Stichodactyla tapetum*)
 - *Aiptasia* sp.
- třída: Anthozoa (korálnatci), podtřída: Hexacorallia (šestičetní), řád: Scleractinia (větevníci)
 - turbinatka řasnatá (*Plerogyra sinuosa*)

- *Porites* sp.
- turbinatka rozdělená (*Euphyllia divisa*)
- třída: Anthozoa (korálnatci), podtřída: Hexacorallia (šestičetní), řád: Corallimorpharia
 - korálovník (*Discosoma* sp.)
- třída: Anthozoa (korálnatci), podtřída: Hexacorallia (šestičetní), řád: Zoanthidea
 - sasankovec (*Zoanthus* sp.)



Obrázek 21: *Entacmaea quadricolor* (foto autorky)

7.5 Exkurze k Jaderskému moři

Velmi přínosná a zajímavá je pro studenty exkurze mimo hranice České republiky. Atraktivitu přímořských oblastí shledávám především v možnosti nalézt a sledovat živočichy, jejich chování v přirozeném prostředí. Jako vhodná lokalita z hlediska množství mořských žahavců a dobré dopravní dostupnosti se jeví ostrov Rab v Chorvatsku. Jedná se o turisticky velmi oblíbenou lokalitu Jaderského moře. Ostrov nabízí možnost propojit zoologické vycházky s botanickými, a tím umožňuje studium různých biotopů. Exkurzi bych doporučila do 3. ročníků gymnázií, v nichž studenti většinou jezdí na týdenní kurz do Chorvatska, případně pro 9. ročník základních škol.

Během exkurze je vhodné nosit s sebou badatelský deník, do kterého si účastníci zaznamenají nalezeného živočicha, místo nálezu, základní charakteristiku viditelnou pouhým okem doplněnou o informace, které poskytne průvodce (učitel).

7.5.1 Badatelský deník

Badatelský deník je definován jako soubor studentských výtvorů, které si jedinci vypracovali v průběhu výuky či jiné činnosti. Deníky mohou být přínosné nejen pro žáky, kteří si ucelí zápisky na jednom konkrétním místě, naučí se bádát, převzít zodpovědnost za svou práci a projevovat svůj názor, ale i pro učitele. Učitelé mohou sledovat vědomosti a schopnosti svých studentů, které se ukazují v jejich bádání. Žáci se pomocí získaných a okomentovaných materiálů učí dosáhnout požadovaných cílů učení, kterými jsou: schopnost sebehodnocení, podílení se na hodnocení a sledování vynaloženého úsilí (Hetflajš, 2021).

7.5.2 Klimatické podmínky Středozemního moře

Jaderské moře je nejsevernější oblastí Středozemního moře a jeho hranice jsou určeny na východě Balkánem a na západě Apeninským poloostrovem. Pobřežní zóny nebývají ohraničeny mělkým šelfem, ale dosahují velkých hloubek (až 500 m). Na celém území vanou silné, severovýchodní studené větry, které jsou dominantní především v zimním období. Důležité pro výskyt živočišných druhů jsou podmínky vody. Salinita moře se pohybuje v závislosti na oblasti v rozmezí 36,5–38 ‰. Teplota vody v létě může dosahovat i teplot vyšších než 25 °C (Hayward et al., 2006; Poulain et al., 2001)

7.5.3 Ostrov Rab

Ostrov Rab je součástí Kvarnerských ostrovů a svou rozlohou 90,84 km² je v pořadí devátý největší ostrov Jaderského moře. Na ostrově vládne klima Středozeemí s mírnými zimami a teplými léty. Průměrná zimní teplota vzduchu se pohybuje okolo 6,7 °C. V letních měsících je teplotní průměr zhruba 23 °C, ačkoliv v mořských oblastech dosahuje až 30 °C. Rab je považován za jeden z nejzelenějších ostrovů na území Jadranu, neboť asi 40 % jeho povrchu pokrývají lesní porosty. Mořské pláže jsou ve většině případů písčného charakteru. Pobřežní části ostrova jsou v dnešní době ohroženy zvyšováním hladiny moře, a proto se očekává rozšíření pobřežních zón na místa se zemědělskou půdou. Je pravděpodobné, že dojde k erozi pobřeží, a tím i poklesu útesů, které jsou domovem mnohých vodních živočichů (Perinić Lewis, 2008; Pavelková, Procházka, 2007; Ružić, Benac, 2016).

7.5.4 Žahavci na pobřeží Jadranu

Jaderské moře ukrývá velké množství organismů z kmene žahavců. Můžeme je pozorovat jak v mělkých vodách, tak ve větších hloubkách. Zde bych ráda představila některé žahavce, kteří obývají oblast Středozeemního moře, konkrétně Jadranu.

Z třídy medúzovců (Scyphozoa) se můžeme setkat s talířovkou svítivou (*Pelagia noctiluca*), talířovkou kompasovou (*Chrysaora hysoscella*), dobře poznatelnou talířovkou ušatou (*Aurelia aurita*) a kořenoústkou hrbolatou (*Cotylorhiza tuberculata*). Velmi úzce je zastoupena třída čtyřhranek (Cubozoa) s pouze jednou čtyřhrankou středomořskou (*Carybdea marsupialis*), kterou můžeme zahlédnout jen velmi zřídka. Ze zástupců třídy polypovců (Hydrozoa) lze spatřit například hydromedúzku přístavní (*Tubularia larynx*), nezmarovku větvenatou (*Bougainvillia ramosa*) a pohárovku větvitou (*Obelia dichotoma*). Nejčastěji pozorovatelná je třída korálnatců (Anthozoa). Z podtřídy osmičetných korálů (Octocorallia) se zde nachází laločnice dlanitá (*Alcyonium palmatum*), trsovník žlutý (*Eunicella cavolini*), korál červený (*Corallium rubrum*), pérovník svítivý (*Pennatula phosphorea*). Mezi šestičetné korály (Hexacorallia) Středomoří je možné zařadit koloniální útesovník protáhlý (*Cladocora caespitosa*), červnatec sasankový (*Cerianthus membranaceus*) a velké množství sasaneč. Druhy z řádu sasaneč (Actiniaria) můžeme na ostrově Rab pozorovat na písčitém

pobřeží – sasanka zlatá (*Condylactis aurantiaca*), přichycená po odlivu na skalnatém substrátu – sasanka koňská (*Actinia equina*), a také se zde vyskytují sasanky hnědé (*Anemonia sulcata*) a sasanky měňavé (*Aiptasia mutabilis*), které jsou málo odolné ke krátkému vystavení mimo vodní prostředí (Pavelková, Procházka, 2007; Petrusek, 2005a; Petrusek, 2005b).



Obrázek 22: Ostrov Rab – sasanka koňská (převzato z: Pavelková, Procházka, 2007)

7.6 Pozorování žahavců – laboratorní práce

Laboratorní práce zaměřené na žahavce v našich vodách lze praktikovat v šestých ročnících 2. stupně ZŠ a v 6. ročníku (primě) víceletých SŠ. Samozřejmě v závislosti na věku, znalostech žáků a časové dotaci je možné laboratorní práce upravovat. Využití sledování nezmarů bývá velmi oblíbené i ve vyšších ročnících gymnázií.

Altmann a Lišková (1979) ve své knize uvádějí velké množství jednoduchých pokusů, a ráda bych zde některé z nich uvedla:

Ve sklenici můžeme živé nezmary pozorovat pomocí lupy. Pokud chceme žáky více zapojit, tak využijeme mikroskop. Pokusíme se nezmaru zachytit pipetou, přenést na podložní sklíčko (pokud máme podložní sklíčko s jamkou, tak můžeme zakrýt krycím sklíčkem) a pozorovat při malém zvětšení. Studenti mohou na konci mikroskopování zakreslit tvar těla, chapadel, nožního terče.

Bez invazivního zásahu lze pozorovat jejich pohyb a následně zkusit pojmenovat a zakreslit. Zajímavé je ukázat žákům způsob přijímání potravy, a toho docílíme tak, že k vyhladovělým nezmarům přidáme perloočky a pozorujeme jejich chování.

Pokud bychom se nebáli narušit tělo nezmara, tak je možné sledovat žahavé buňky. Nezmara položíme na podložní sklíčko a opatrně ho rozmáčkeme krycím sklíčkem. Tlakem se vyplaví knidocyty, které jsou viditelné pod mikroskopem při větším zvětšení.

Závěr

V bakalářské práci lze nalézt komplexní seznámení s kmenem bezobratlých živočichů – žahavců (Cnidaria) s možností využití tohoto tématu ve výuce na základní a střední škole.

V první části je prezentována nejen základní charakteristika stavby těla, tělních soustav, ale i schopnost bioluminiscence a toxicita s představením první pomoci při požahání pro člověka nebezpečnými druhy. V textu je zařazena i kapitola, týkající se vývoje žahavců v geologické historii s uvedením významných vyhynulých tříd žahavců a jejich paleontologické důležitosti, která umožňuje určit podmínky prostředí v jednotlivých érách.

Do druhé části bakalářské práce jsou zařazeny kapitoly týkající se historického zařazení taxonu žahavců a představení fylogeneze žahavců s rozdělením na konkrétní třídy. Za důležité lze považovat uvedení základních znaků jednotlivých tříd žahavců s představením důležitých zástupců. Je pochopitelné, že byla začleněna i velmi diskutovaná problematika korálových útesů v souvislosti s jejich biodiverzitou, významem a aktuálním ohrožením. Nebylo možné vynechat žahavce obývající sladké vody České republiky, kde jsou uvedeny základní znaky skupiny a zástupců rodu nezmar (*Hydra*) a medúzky sladkovodní (*Craspedacusta sowerbii*).

V závěrečné části bakalářské práce jsou uvedeny konkrétní možnosti využití informací o kmenu žahavců ve výuce na základní a střední škole, a tím ozvláštnit a zatraktivnit klasickou hodinu ve školní třídě. Vychází se zde ze základních dokumentů, které určují požadavky na žáky (RVP ZV a RVP G) s důrazem na význam znalostí o žahavcích, které usnadní žákům práci na navržených exkurzích. V práci jsou navrženy exkurze pro žáky 6. tříd ZŠ a SŠ s využitím pražských expozic. První exkurze, doplněná o pracovní list, se týká třídy medúzovců (Scyphozoa) ve Světě medúz (pro informaci jsou uvedeny druhy, které lze zde pozorovat, celkem jde o 23 taxonů). Další exkurze, s možností využití přiloženého pracovního listu, je orientována na třídu korálnatců (Anthozoa) v ZOO Mořský svět (zde bylo evidováno 16 taxonů žahavců). Pro žáky vyšších ročníků (9. třída ZŠ, 3. ročník SŠ) je doporučena oblíbená destinace v Chorvatsku (ostrov Rab) pro přímořskou exkuzi s pozorováním žahavců v jejich přirozeném prostředí

(v práci je uveden výběr 18 taxonů, které se zde vyskytují). Konkrétní výčet taxonů umožňuje pedagogům se lépe připravit na jednotlivé exkurze. V rámci školních praktických laboratorních cvičení je zmíněno využití nezmarů na základních a středních školách. Součástí práce jsou navržené pracovní listy, které budou prakticky vyzkoušeny na budoucích exkurzích, výsledky by měly být uvedeny v zamýšlené diplomové práci.

Lze shrnout, že téma žahavců je pro školní výuku atraktivní, k čemuž mohou přispět i výstupy z této bakalářské práce.

Seznam použité literatury

1. ALTMANN, Antonín; KUBÍKOVÁ, Marie. *Biologický náčrtník: zoologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1972. ISBN 14-167-72
2. ALTMANN, Antonín; LIŠKOVÁ, Eva. *Praktikum ze zoologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1979. ISBN 14-585-79
3. ARAI, Mary N. *A functional biology of Scyphozoa*. Springer Science & Business Media, 1997.
4. AUFSCHNAITER, Roland, et al. In vivo imaging of basement membrane movement: ECM patterning shapes Hydra polyps. *Journal of Cell Science*, 2011, 124(23): 4027-4038.
5. BALLESTEROS, Ainara, et al. Differing effects of vinegar on *Pelagia noctiluca* (Cnidaria: Scyphozoa) and *Carybdea marsupialis* (Cnidaria: Cubozoa) stings—Implications for First Aid Protocols. *Toxins*, 2021, 13(8): 509.
6. BEACH, Matthew J.; PASCOE, David. The role of *Hydra vulgaris* (Pallas) in assessing the toxicity of freshwater pollutants. *Water Research*, 1998, 32(1): 101-106.
7. BOUILLON, Jean; BOERO, Ferdinando. The hydrozoa: a new classification in the light of old knowledge. *Thalassia Salentina*, 2000, 24: 3-45.
8. BRUSCA, Richard C.; BRUSCA, Gary J. *Invertebrates*. Massachusetts: Sinauer Associates, 2003. ISBN 0-87893-097-3
9. BUCHAR, Jan. *Stručný přehled zoologie bezobratlých*. Praha: Karolinum, 1991. ISBN 80-7066-381-2
10. BUCHAR, Jan; DUCHÁČ, Václav; HŮRKA, Karel; LELLÁK, Jan. *Klíč k určování bezobratlých*. Praha: Scientia, 1995. ISBN 80-85827-81-6
11. CAIRNS, Stephen D. Global diversity of the stylasteridae (Cnidaria: Hydrozoa: Athecatae). *PloS one*, 2011, 6(7): e21670.
12. CAMPBELL, RICHARD D. Taxonomy of the European *Hydra* (Cnidaria: Hydrozoa): a re-examination of its history with emphasis on the species *H. vulgaris* Pallas, *H. attenuata* Pallas and *H. circumcincta* Schulze. *Zoological journal of the Linnean Society*, 1989, 95(3): 219-244.
13. COATES, Melissa M. Visual ecology and functional morphology of Cubozoa (Cnidaria). *Integrative and comparative biology*, 2003, 43(4): 542-548.

14. COLLINS, Allen G. Recent insights into cnidarian phylogeny. *Smithsonian contributions to the marine sciences*, 2009, 38: 139-149
15. CORONADO, Ismael; PÉREZ-HUERTA, Alberto; RODRÍGUEZ, Sergio. Analogous biomineralization processes between the fossil coral *Calceola sandalina* (Rugosa, Devonian) and other recent and fossil cnidarians. *Journal of Structural Biology*, 2016, 196(2): 173-186.
16. DALY, Marymegan; FAUTIN, Daphne G.; CAPPOLA, Valerie A. Systematics of the hexacorallia (Cnidaria: Anthozoa). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2003, 139(3): 419-437.
17. DARROCH, Simon AF, et al. Ediacaran extinction and Cambrian explosion. *Trends in ecology & evolution*, 2018, 33(9): 653-663.
18. DEBRENNE, Françoise. Diversification of archaeocyatha. In: *Origin and Early Evolution of the Metazoa*. Springer, Boston, MA, 1992, 425-443.
19. DUGGAN, Ian C.; EASTWOOD, Kevin R. Detection and distribution of *Craspedacusta sowerbii*: observations of medusae are not enough. *Aquatic Invasions*, 2012, 7 (2): 271–275.
20. EZAKI, Yoichi. Paleozoic Scleractinia: progenitors or extinct experiments?. *Paleobiology*, 1998, 24(2): 227-234.
21. FRAZÃO, Bárbara; VASCONCELOS, Vitor; ANTUNES, Agostinho. Sea anemone (Cnidaria, Anthozoa, Actiniaria) toxins: an overview. *Marine drugs*, 2012, 10(8): 1812-1851.
22. FRITZ, Gisela B., et al. The freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii* Lankester, 1880 (Limnomedusa: Olindiidae) in Germany, with a brief note on its nomenclature. *J. Limnol*, 2007, 66(1): 54-59.
23. GALLE, Arnošt; HLADIL, Jindřich; MAY, Anderas. Two new corals from the Koněprusy Limestone (Lower Devonian, Pragian, Barrandian, Czech Republic). *Journal of the Czech Geological Society*, 1999, 44(1-2): 181-187
24. GERSHWIN, Lisa-ann, et al. Biology and ecology of Irukandji jellyfish (Cnidaria: Cubozoa). In: *Advances in marine biology*. Academic Press, 2013, 1-85.
25. GOREAU, Thomas F.; GOREAU, Nora I.; GOREAU, Thomas J. Corals and coral reefs. *Scientific American*, 1979, 241(2): 124-137.
26. *Great Barrier Reef*. [online]. 2022. Dostupné z: <https://whc.unesco.org/en/list/154/>

27. HANEL, Lubomír; LIŠKOVÁ, Eva. *Stručný obrazový klíč k určování hlavních skupin vodních bezobratlých*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2003. ISBN 80-7290-131-1
28. HAVLÍČEK, Jan. Nálezy medúzky sladkovodní (*Craspedacusta sowerbii* Lankester, 1880) na Jindřichohradecku. *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy*, 2016, 56: 119–121.
29. HAYWARD, Peter; NELSON-SMITH, Tony; SHIELDS, Chris. *Živočichové a rostliny evropského pobřeží*. Praha: Svojtka & Co, 2006. ISBN 80-7352-252-7
30. HERRING, P. J.; WIDDER, E. A. Bioluminescence of deep-sea coronate medusae (Cnidaria: Scyphozoa). *Marine Biology*, 2004, 146(1): 39-51.
31. HETFLAJŠ, Patrik. *Badatelský deník jako prostředek realizace badatelských úloh ve volitelném přírodopisném semináři*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, 2021.
32. HIEBERT, Terra C.; BUTLER, Barbara A.; SHANKS, Alan L. *Oregon estuarine invertebrates: Rudys' illustrated guide to common species*. University of Oregon Libraries and Oregon Institute of Marine Biology, Charleston, 3rd edition., 2016.
33. HORSÁK, Michal. Zoologie bezobratlých [online]. *Žahavci našich vod* [online], 2014. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2014/Bi7870/Zahavci_nasich_vod_2014.pdf
34. HROUDOVA, Miluse, et al. Diversity, phylogeny and expression patterns of Pou and Six homeodomain transcription factors in hydrozoan jellyfish *Craspedacusta sowerbyi*. *PLoS One*, 2012, 7(4): e36420.
35. JELL, J. S. Cambrian cnidarians with mineralized skeletons. *Palaeontographica Americana*, 1984, 54: 105-109.
36. JENNER, Lynn. *NASA Coral Reef Images Key to New Global Survey*. [online]. 2007. Dostupné z: https://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/coral_assessment.html
37. JISKROVÁ, Martina. *Jedovatí živočichové*. Bakalářská práce, Karlova univerzita, Pedagogická fakulta, Praha, 2011.
38. KAWAHARA, Masato, et al. Unusual population explosion of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) in East Asian waters. *Marine Ecology Progress Series*, 2006, 307: 161-173.

39. KLEIN, Shannon G., et al. Irukandji jellyfish polyps exhibit tolerance to interacting climate change stressors. *Global Change Biology*, 2014, 20(1): 28-37.
40. KNIGHT, R. F. D.; JOHNS, Tim. The occurrence of *Hydra circumcincta* (Schulze, 1914)(Hydrozoa: Hydridae) in a well in the Dorset Chalk, UK. *Cave and Karst Science*, 2012, 39: 63-65.
41. KNOWLTON, Nancy. Coral reef biodiversity--habitat size matters. *Science*, 2001a, 292(5521): 1493-1495.
42. KNOWLTON, Nancy. The future of coral reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2001b, 98(10): 5419-5425.
43. KOREČKOVÁ, Valentýna. *Žahavci, ploštěnci a hlísti ve výuce*. Bakalářská práce, Karlova univerzita, Pedagogická fakulta, Praha, 2019.
44. KŘÍŽOVÁ, Barbora. *Společenstva útesotvorných korálů v historii Země*. Bakalářská práce, Karlova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Praha, 2016.
45. KUBOTA, Shin. Distinction of two morphotypes of *Turritopsis nutricula* medusae (Cnidaria, Hydrozoa, Anthomedusae) in Japan, with reference to their different abilities to revert to the hydroid stage and their distinct geographical distributions. *Biogeography*, 2005, 7: 41-50.
46. KŮRKA, Antonín; PFLEGER, Václav. *Jedovatí živočichové*. Praha: Academia, 1984. ISBN 21-092-84
47. LECLÈRE, Lucas; RÖTTINGER, Eric. Diversity of cnidarian muscles: function, anatomy, development and regeneration. *Frontiers in cell and developmental biology*, 2017, 4: 157.
48. LITTLEFIELD, C. Lynne; FINKEMEIER, Chris; BODE, Hans R. Spermatogenesis in *Hydra oligactis*: II. How temperature controls the reciprocity of sexual and asexual reproduction. *Developmental biology*, 1991, 146(2): 292-300.
49. MA, Hongbao; YANG, Yan. *Turritopsis nutricula*. *Nature and Science*, 2010, 8(2): 15-20.
50. MALÚŠOVÁ, Klára. *Metody a strategie výuky žahavců se zaměřením na medúzy v přírodopisu na základní škole*. Diplomová práce, Karlova univerzita, Pedagogická fakulta, Praha, 2020.
51. MARIOTTINI, Gian Luigi. Hemolytic venoms from marine cnidarian jellyfish—an overview. *Journal of venom research*, 2014, 5: 22.

52. MAY, Andreas. Die Stromatoporen des Devons und Silurs von Zentral-Böhmen (Tschechische Republik) und ihre Kommensalen. *Zitteliana Reihe B: Abhandlungen der Bayerischen Staatssammlung für Palaontologie und Geologie*. 2005, 25: 117-250.
53. MAY, Andreas; RODRÍGUEZ, Sergio. Pragian (Lower Devonian) stromatoporoids and rugose corals from Zújar (Sierra Morena, southern Spain). *Geologica Belgica*, 2012, 15(4): 226-235.
54. MCFADDEN, Catherine S.; SÁNCHEZ, Juan A.; FRANCE, Scott C. Molecular phylogenetic insights into the evolution of Octocorallia: a review. *Integrative and Comparative Biology*, 2010, 50(3): 389-410.
55. MCLAUGHLIN, Susan. Evidence that polycystins are involved in Hydra cnidocyte discharge. *Invertebrate Neuroscience*, 2017, 17(1): 1-14.
56. MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY. *RVP – Rámcové vzdělávací programy*. [online]. 2020. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/>
57. MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. [online]. 2021a. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>
58. MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. [online]. 2021b. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>
59. MIRANDA, Lucília S., et al. Comparative internal anatomy of Staurozoa (Cnidaria), with functional and evolutionary inferences. *PeerJ*, 2016a, 4: e2594.
60. MIRANDA, Lucília S., et al. Systematics of stalked jellyfishes (Cnidaria: Staurozoa). *PeerJ*, 2016b, 4: e1951.
61. MITHTHAPALA, Sriyanie. *Coral Reefs. Coastal Ecosystems Series (Volume 1)*. Sri Lanka: Ecosystems and Livelihoods Group Asia, IUCN, 2008. ISBN 978-955-8177-71-6
62. MIYAZAKI, Yu; REIMER, James Davis. A new genus and species of octocoral with aragonite calcium-carbonate skeleton (Octocorallia, Helioporacea) from Okinawa, Japan. *ZooKeys*, 2015, 511: 1.

63. MORABITO, Rossana, et al. The venom and the toxicity of *Pelagia noctiluca* (Cnidaria: Scyphozoa). A review of three decades of research in Italian laboratories and future perspectives. *Journal of Biological Research-Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale*, 2015, 88(2): 173-178
64. MORALES, Héctor Hernández; LÖSER, Hannes. Revision of the family Helioporidae (Helioporacea, Anthozoa; Cretaceous–Extant). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 2018, 351-363.
65. MORRIS, Simon Conway. Burgess Shale-type faunas in the context of the ‘Cambrian explosion’: a review. *Journal of the Geological Society*, 1992, 149(4): 631-636.
66. MORRIS, Simon Conway; WHITTINGTON, Harry Blackmore. The animals of the Burgess Shale. *Scientific American*, 1979, 241(1): 122-135.
67. NOVÁKOVÁ, Michaela. *Žahavci (Cnidaria) se zřetelem k zástupcům vyskytujícím se v ČR*. Bakalářská práce, Karlova univerzita, Pedagogická fakulta, Praha, 2016.
68. OSADCHENKO, B. V.; KRAUS, Yu A. Trachylina: The group that remains enigmatic despite 150 years of investigations. *Russian Journal of Developmental Biology*, 2018, 49 (3): 134-145.
69. PAGLIARA, Patrizia, et al. Morphological and ultrastructural analysis of *Turritopsis nutricula* during life cycle reversal. *Tissue and Cell*, 2003, 35(3): 213-222.
70. PAPÁČEK, Miroslav; MATĚNOVÁ, Vlasta; MATĚNA, Josef; SOLDÁN, Tomáš. *Zoologie*. Praha: Scientia, 1994. ISBN 80-85827-57-3
71. PATOČKA, Jiří. *Obří jedovatá medúza ečizen*. [online]. 2014. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=638>
72. PAVELKOVÁ, Jaroslava; PROCHÁZKA, Jan. *Komplexní botanicko-zoologická exkurze na ostrov Rab*. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Brno, 2007.
73. PELIKÁNOVÁ, Ivana et al. *Přírodopis 6: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia, nová generace*. Plzeň: Fraus, 2014. ISBN 978-80-7489-009-3
74. PERINIĆ LEWIS, Ana. Ethnohistorical Processes and Demographic Structure of the Island of Rab, Croatia. *Collegium antropologicum*, 2008, 32(3): 945-958.
75. PETRUSEK, Adam. Medúzka sladkovodní: rosolovitý návštěvník z Číny. *Živa*. 2015, 5: 225-226.
76. PETRUSEK, Adam. Zoologické krásy Jadrana: Žahavci I – medúzy a sasanky. *Živa*, 2005a, 4: 169-171.

77. PETRUSEK, Adam. Zoologické krásy Jadranu: Žahavci II — koráli a jejich příbuzní. *Živa*, 2005b, 4: 169-171.
78. PETRUSEK Adam; ŠEDIVÝ, Jiří. Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. *Český svaz ochránců přírody*, 2006.
79. PÉREZ, Carlos Daniel, et al. Diversity and distribution of Octocorallia. In: *The Cnidaria, past, present and future*. Springer, Cham, 2016, 109-123.
80. PFLEGER, Václav. *Korálový útes*. Praha: Academia, 1989. ISBN 21-030-89
81. PIRAINO, Stefano, et al. Complex neural architecture in the diploblastic larva of *Clava multicornis* (Hydrozoa, Cnidaria). *Journal of Comparative Neurology*, 2011, 519(10): 1931-1951.
82. POLÁKOVÁ, Andrea. *Ochrana korálových útesů*. [online]. 2017. Praha: Univerzita Karlova, Český model amerického kongresu. Dostupné z: <https://americkykongres.cz/wp-content/uploads/Ochrana-kor%C3%A1lov%C3%BDch-%C3%BAtes%C5%AF-VZK.pdf>
83. POLISENO, Angelo, et al. An integrated morphological–molecular approach reveals new insights on the systematics of the octocoral *Telestula humilis* (Thomson, 1927)(Octocorallia: Alcyonacea: Clavulariidae). *Invertebrate Systematics*, 2021, 35(3): 261-281.
84. POTY, Edouard. Morphological limits to diversification of the rugose and tabulate corals. *Palaeoworld*, 2010, 19(3-4): 389-400.
85. POULAIN, Pierre-Marie; KOURAFALOU, Vassiliki H.; CUSHMAN-ROISIN, Benoit. Northern Adriatic Sea. In: *Physical oceanography of the Adriatic Sea*. Springer, Dordrecht, 2001, 143-165.
86. RICHARDSON, Laurie L. Black band disease. In: *Coral health and disease*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004, 325-336.
87. RODA, Aldo. Discovery and development of the green fluorescent protein, GFP: the 2008 Nobel Prize. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 2010, 396(5): 1619-1622.
88. ROSYPAL, Stanislav. *Fylogeneze, systém a biologie organismů*. Praha: SPN, 1992. ISBN 80-04-22815-1
89. RUŽIĆ, Igor; BENAC, Čedomir. Vulnerability of the Rab island coastline due to sea level rise. *Hrvatske vode*, 2016, 24(97): 203-214.

90. SCHEIBNER, C.; SPEIJER, R. P. Decline of coral reefs during late Paleocene to early Eocene global warming. *eEarth Discussions*, 2007, 2(3): 133-150.
91. SCRUTTON, Colin T. The Palaeozoic corals, I: origins and relationships. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, 1997, 51(3): 177-208.
92. SEDLÁK, Edmund. *Zoologie bezobratlých*. Brno: Masarykova univerzita - Přírodovědecká fakulta, 2003. ISBN 80-210-2892-0
93. SHIMOMURA, Osamu. The discovery of aequorin and green fluorescent protein. *Journal of microscopy*, 2005, 217(1): 3-15.
94. SHOSTAK, Stanley. Cnidaria (Coelenterates). *Encyclopedia of life sciences*. 2005.
95. SIMÕES, Marcello Guimarães, et al. Some middle Paleozoic conulariids (Cnidaria) as possible examples of taphonomic artifacts. *Journal of taphonomy*, 2003, 1(3): 165-186.
96. SMRŽ, Jaroslav. *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Praha: Karolinum, 2019. ISBN:978-80-246-2258-3
97. SPALDING, Mark, et al. *World atlas of coral reefs*. UNEP-WCMC: The University of California Press, 2001. ISBN 0-520-23255-0
98. STANLEY, George D.; SWART, Peter K. Evolution of the coral-zooxanthellae symbiosis during the Triassic: a geochemical approach. *Paleobiology*, 1995, 21(2): 179-199.
99. STEARN, Colin W., et al. Revised classification and terminology of Palaeozoic stromatoporoids. *Acta Palaeontologica Polonica*, 1999, 44(1).
100. STEINMETZ, Patrick RH. A non-bilaterian perspective on the development and evolution of animal digestive systems. *Cell and tissue research*, 2019, 377(3): 321-339.
101. SUMNER, P. First record of *Hydra oxycnida* Schulze, 1914 (Cnidaria: Hydrozoa) for the British Isles. *The Glasgow Naturalist*, 2016, 26. part 3: 1.
102. SUPUT, Dusan. Interactions of cnidarian toxins with the immune system. *Inflammation & Allergy-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Inflammation & Allergy)(Discontinued)*, 2011, 10(5): 429-437.
103. ŠIFNER, František. *Stručný přehled systému prvoků a bezobratlých živočichů*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2004. ISBN: 80-7290-168-0

104. THURMAN, Harold V., TRUJILLO, Alan, P.. *Oceánografie: tajemný svět moří a oceánů*. Praha: Computer Press, 2005. ISBN 80-2510-353-6
105. TOSHINO, Sho, et al. Development of *Tripedalia binata* Moore, 1988 (Cubozoa: Carybdeida: Tripedaliidae) collected from the eastern Gulf of Thailand with implications for the phylogeny of the Cubozoa. *Hydrobiologia*, 2017, 792(1): 37-51.
106. TURNER, Susan; VICKERS-RICH, Patricia. Sprigg, Glaessner and Wade and the discovery and international recognition of the Ediacaran fauna. *Geological Society, London, Special Publications*, 2007, 286(1): 443-445.
107. VALENTINE, James W. Late Precambrian bilaterians: grades and clades. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1994, 91(15): 6751-6757.
108. VAN ITEN, Heyo, et al. Reassessment of the phylogenetic position of conulariids (? Ediacaran-Triassic) within the subphylum medusozoa (phylum cnidaria). *Journal of Systematic Palaeontology*, 2006, 4(2): 109-118.
109. VLK, Robert; KUBEŠOVÁ, Soňa. *Přírodopis 6, 2. díl - Bezobratlí živočichové*. Brno: Nová škola, 2018. ISBN 978-80-7600-033-9
110. WOOD, Elisabeth; WOOD, Lawson. *Korálové útesy Karibiku – Určovací příručka pro potápěče*. Praha: Svojtka & Co, 2004. ISBN 80-7352-159-8
111. YU, Huahua, et al. Efficacy of venom from tentacle of jellyfish *Stomolophus meleagris* (*Nemopilema nomurai*) against the cotton bollworm *Helicoverpa armigera*. *BioMed Research International*, 2014.
112. ZIEGLER, Václav. *Základy paleontologie*. Praha: Karolinum, 2001. ISBN 80-246-0290-3
113. ZRZAVÝ, Jan. *Fylogeneze živočišné říše*. Praha: Scientia, 2006. ISBN 80-86960-08-0

Seznam příloh

- Příloha 1 Seznam použitých zkratk
- Příloha 2 Pracovní list k exkurzi do Světa medúz
- Příloha 3 Pracovní list k exkurzi ZOO Mořský svět

Seznam obrázků

Obrázek 1: Penetrant v klidu a ve vymršťeném stavu	15
Obrázek 2: Průřez tělní stěnou žahavce	16
Obrázek 3: Funkce svalů.....	18
Obrázek 4: Schématický řez polypem	19
Obrázek 5: Rhopalium	20
Obrázek 6: Fylogeneze žahavců	25
Obrázek 7: Životní cyklus rodu <i>Aurelia</i>	27
Obrázek 8: Životní cyklus čtyřhranky <i>Tripedalia binata</i>	31
Obrázek 9: Vývojový cyklus třídy polypovců	32
Obrázek 10: "Píd'alkový" pohyb – vlevo, "přemetový" pohyb – vpravo	35
Obrázek 11: Rozšíření korálových útesů	45
Obrázek 12: Tělo nezmaru	49
Obrázek 13: Streptoliny nezmarů	51
Obrázek 14: Žahavé buňky nezmarů, streptoliny nezmarů	52
Obrázek 15: a) polyp s pučící medúzkou, b) medúzka sladkovodní	54
Obrázek 16: Životní cyklus medúzky sladkovodní	55
Obrázek 17: Výskyt medúzky sladkovodní na území České republiky	57
Obrázek 18: Informační cedule – <i>Stomolophus meleagris</i>	61
Obrázek 19: <i>Chrysaora plocamia</i>	63
Obrázek 20: Informační cedule – <i>Plerogyra sinuosa</i>	65
Obrázek 21: <i>Entacmaea quadricolor</i>	66
Obrázek 22: Ostrov Rab – sasanka koňská.....	69

Příloha 1 Seznam použitých zkratk

CO₂ – oxid uhličitý

RVP – Rámcový vzdělávací program

ŠVP – Školní vzdělávací program

RVP ZV – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

RVP G – Rámcový vzdělávací program pro gymnázia

ZŠ – základní škola

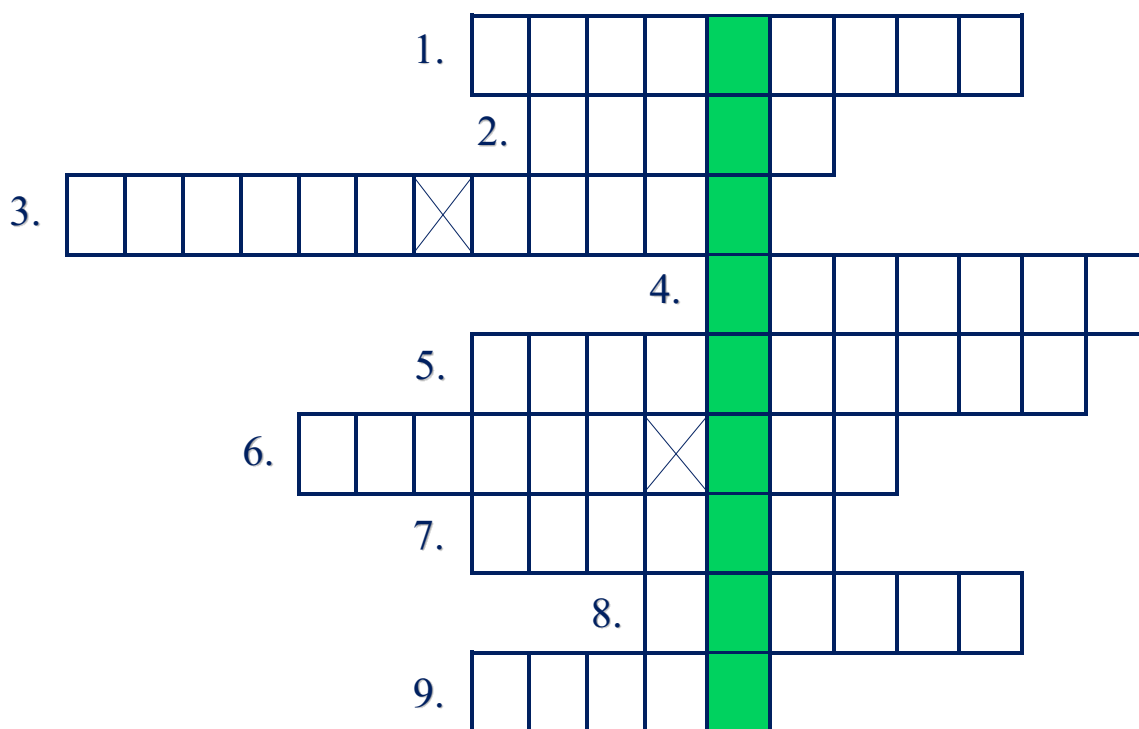
SŠ – střední škola

Jméno:

Datum:

Svět medúz - pracovní list

- 1) Vylušti křížovku. Správné odpovědi hledej ve svých vědomostech a v akváriích. Vyznačené křížky v křížovce určují mezeru ve slovním spojení.



1. Jaká souměrnost těla je typická pro žahavce?
2. Kořenoústka plicnatá připomíná tvarem ramen _____ obratlovce.
3. Co využívají žahavci k lovu kořisti a ochraně před predátory?
4. Talířovka ušatá má zpravidla čtyři pohlavní orgány ve tvaru _____ .
5. Která medúza může člověku způsobit anafylaktický šok?
6. Kořenoústka hrbolatá bývá svým vzhledem připodobňována k jídlu. O jaký pokrm se jedná?
7. Jaký žahavec se pohybuje v hejnu na otevřeném moři?
8. Jakou skupinou živočichů bývá napadána medúza *Aequorea victoria*?
9. Jak se nazývá trávicí dutina žahavců s jedním příjímacím a vyvrhovacím otvorem?

TAJENKA:

Třída medúzovců, kam všechny medúzy expozice patří, se latinsky nazývá:
.....

2) Je pravda, že:

Při kontaktu s kloboukem talířovky malajské může dojít k požahání?

ANO

NE

Chrysaora melanaster žije v Atlantickém oceánu.

ANO

NE

Kořenoústka sluneční získává část živin díky symbiotickým chloroxantelám.

ANO

NE

Lychnorhiza lucerna bývá často kolonizována kraby.

ANO

NE

Talířovka ušatá se nenáchází v mořích celosvětově.

ANO

NE

3) Která medúza byla podle tebe nejmenší, a která největší?

4) Proč jsou medúzy umístěny v kulatých akváriích?



5) Vyber si libovolnou medúzu a napiš o ní 3 informace. Pokud si na to troufáš, tak ji zkus nakreslit :)



Správné řešení:

1. Vylušti křížovku.

1.	P	A	P	R	S	Č	I	T	Á									
2.	P	L	Í	C	E													
3.	Ž	A	H	A	V	É	×	B	U	Ň	K	Y						
								4.	P	O	D	K	O	V	Y			
								5.	Č	T	Y	Ř	H	R	A	N	K	A
6.	V	O	L	S	K	É	×	O	K	O								
								7.	M	E	D	Ú	Z	A				
								8.	K	O	R	Ý	Š	I				
								9.	L	Á	Č	K	A					

TAJENKA:

Třída medúzovců, kam všechny medúzy expozice patří, se latinsky nazývá:
.....SCYPHOZOA.....

2) Je pravda, že:

Při kontaktu s kloboukem talířovky malajské může dojít k požahání? ANO

Chrysaora melanaster žije v Atlantickém oceánu. NE

Kořenoústka sluneční získává část živin díky symbiotickým chloroxantelám. ANO

Lychnorhiza lucerna bývá často kolonizována kraby. ANO

Talířovka ušatá se nenáchází v mořích celosvětově. NE

3) Která medúza byla podle tebe nejmenší, a která největší?

Možné varianty:

- a) nejmenší – *Eutonina indicans*, *Eirene lacteoides*, čtyřhranka tichomořská (*Carybdea rastonii*)
- b) největší – talířovka obrovská (*Cyanea capillata*)

4) Proč jsou medúzy umístěny v kulatých akváriích?

Mají zaoblený tvar, protože medúzy sami od sebe neplavou, ale nechávají se unášet proudem vody. Pokud bychom medúzy umístili do hranatého akvária, tak by se mohlo stát, že by zůstaly dole a již by nemohly vyplavat.

Jméno:

Datum:

ZOO MOŘSKÝ SVĚT

1) Najdi ve větách žahavce:

- Během naší cesty kolem světa se nám nejvíce líbil Arkansas, Ankara a Dánsko.
- V minulosti jsme se začali zajímat o problematiku korálových útesů.
- Koupili jsme si med u zastávky autobusu v České Třebové.

2) Jakým způsobem se žahavci brání před predátory a loví potravu?

3) Najdi v mořském světě alespoň 3 ryby, které žijí v blízkosti korálových útesů.



4) Dopln cvičení o korálových útesech. Využij slova v rámečku.

Velký bariérový útes, klauny, vápenaté, tropickém, subtropickém, klipkami, korály, hvězdici „trnovou korunou“, šperkú, rybami, zelenými řasami (zooxantely)

Korálové útesy se nacházejí v a podnebném pásu. Koráli vytvářejí schránky. Jedná se o ekosystém s velkou druhovou různorodostí. Můžeme se zde setkat s ostnokožci nebo S životem korálů je spojená symbióza se a Útesy jsou ohroženy nejen činností člověka, ale i dalšími živočichy, například: a Nejčastěji se koráli využívají k výrobě Nejznámějším útesem je v Austrálii.

5) Popiš princip symbiózy (vzájemně prospěšné činnosti) mezi sasankou a klaunem očkátým.

6) Nakresli korál dle tvého výběru. Vyber si ten, který tě zaujal a nezapomeň napsat jeho název!



Správné řešení:

1) Najdi ve větách žahavce:

- Během naší cesty kolem světa se nám nejvíce líbil Arkansas, Ankara a Dánsko. SASANKA
- V minulosti jsme se začali zajímat o problematiku korálových útesů. KORÁL
- Koupili jsme si med u zastávky autobusu v České Třebové. MEDÚZA

2) Jakým způsobem se žahavci brání před predátory a loví potravu?

Pomocí žahavých buněk na jejich chapadlech.

3) Najdi v mořském světě alespoň 3 ryby, které žijí v blízkosti korálových útesů.

Například: sapínek žlutomodrý, králíčekovec skvrnitý, klipka měsíčková, útesník indopacifický, parmovec průsvitný, aj.

4) Doplň cvičení o korálových útesech. Využij slova v rámečku.

Velký bariérový útes, klauny, vápenaté, tropickém, subtropickém, klipkami, korály, hvězdicí „trnovou korunou“, šperků, rybami, zelenými řasami (zooxantely)

Korálové útesy se nacházejí v**tropickém**..... a**subtropickém**..... podnebném pásu. Koráli vytvářejí ...**vápenaté**..... schránky. Jedná se o ekosystém s velkou druhovou různorodostí. Můžeme se zde setkat s**korály**..... ostnokožci nebo**rybami**..... S životem korálů je spojená symbióza se**zelenými řasami (zooxantely)**..... a ...**klauny**..... Útesy jsou ohroženy nejen činností člověka, ale i dalšími živočichy, například:**klipkami**..... a ...**hvězdicí „trnovou korunou“**..... Nejčastěji se koráli využívají k výrobě**šperků**..... Nejznámějším útesem je ...**Velký bariérový útes**..... v Austrálii.

5) Popiš princip symbiózy (vzájemně prospěšné činnosti) mezi sasankou a klaunem očkatým.

Jedná se o vzájemně výhodné soužití. Sasanky jsou bráněny před vetřelci a přesouvány rybou. Klauni nalézají v sasance ochranu díky žahavým buňkám na chapadlech.