

Vliv klimatických změn na akvatické ekosystémy

- krátkodobé a dlouhodobější důsledky klimatických změn pro povrchové i podzemní vody

Úvod

V posledních letech byl výzkum zaměřen zejména na definici globálního oteplování a nebylo bráno v úvahu, že se nejedná pouze o změny v teplotě, ale i ve velkém množství dalších spolupůsobících faktorů, jako například emise plynů, odlesňování a znečištění chemickými látkami, takže výstižnějším označením těchto celosvětových změn je **globální klimatická změna**.

Dle Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu je globální klimatická změna taková změna klimatu, která je vázána přímo nebo nepřímo na lidskou činnost měnící složení globální atmosféry a která je vedle přirozené variability klimatu pozorována za srovnatelný časový úsek. Jedná se o změny ovlivňující celou planetu, kterým je připisováno ovlivnění prostředí a živých organismů.

Následkem klimatických změn je zejména tání ledovců, nárůst hladiny oceánů se zvyšující se erozí pobřeží, rostoucí odpar z jezer, nárůst acidity oceánů, umožnění šíření invazních druhů a zmenšování biodiverzity. Klimatické změny mohou být důsledkem přírodních procesů, v posledních letech se stále více poukazuje vliv antropogenní činnosti, a jedná se tedy o celosvětový problém. Mnoho studií naznačuje, že změna klimatu je jedním z hlavních faktorů ovlivňující všechny ekosystémy v současné době a nejvíce ovlivněny akvatické druhy organismů.¹

Mezivládní panel pro změny klimatu

V roce 1988 byl založen Mezivládní panel pro změny klimatu – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), který se zabývá sběrem informací a vyhodnocováním rizik o klimatických změnách. Byl založen dvěma organizacemi OSN, a to Světovou meteorologickou organizací (WMO) a Programem OSN pro životní prostředí (UNEP). IPCC neprovádí vlastní výzkum, ale publikuje speciální zprávy pro implementaci Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu. Rámcová úmluva vedla přijetí Kjótského protokolu (mezinárodní smlouva o klimatických změnách vedoucí ke snížení emise skleníkových plynů). IPCC poskytuje vědecké informace týkající se člověkem vyvolané klimatické změny, dopadů člověkem vyvolané klimatické změny, možnosti adaptace a zmírňování důsledků.²

Závěry IPCC ukazují, že hlavní příčinou změny klimatu je lidská činnost, pozorované změny klimatu jsou v přírodních a antropogenních systémech rozšířené na všech kontinentech a oceánech a zmírnění důsledků je obecným problémem pro všechny.²

Obecné vlivy

Teplota

Průměrná teplota vzduchu v blízkosti povrchu Země v průběhu předešlého století vykazuje vysokou variabilitu z důvodu vulkanických erupcí, slunečních cyklů a dalších přirozených změn. Jednou z hlavních příčin růstu zemské teploty jsou ale rostoucí emise oxidu uhličitého.

Pokud by během 21. století došlo k dvojnásobnému nárůstu obsahu CO₂ oproti hodnotě před průmyslovou revolucí, průměrná teplota by stoupla asi o 2,5 °C. To se sice nezdá jako výrazné zvýšení, ale jedná se o průměrnou teplotu na celém světě, takže lokálně může být nárůst vyšší. V minulosti, při střídání dob ledových a meziledových se celosvětová průměrná teplota zvýšila pouze o zhruba 5 °C. Pokud by k takovému nárůstu došlo za méně než sto let, tak se jedná o velmi rychlou změnu.¹

Důležitým důsledkem globálního oteplování je změna v poměru pohlaví některých druhů. U mnoha plazů závisí pohlaví na teplotě, stejně tak u některých ptáků a ryb.³ Například u různých populací želv je při teplotě 29,2 °C poměr pohlaví 1:1 a vyšší teploty vedou k feminizaci populací, což narušuje možnost rozmnožování a může vést až k vyhynutí některých druhů.⁴ Výkyvy teplot během raných stádií vývoje ryb mohou také způsobovat nadměrný výskyt malformací.⁵

Emise plynů

Některé z plynů obsažených v atmosféře, které se zde vyskytují přirozeně, jako například vodní pára, CO₂ a CH₄, jsou schopné absorbovat část infračerveného záření. Tyto plyny jsou označovány jako „skleníkové“ a způsobují tzv. skleníkový efekt. Teplota planety závisí na množství přijaté energie, tedy adsorbované tepelné energie ze Slunce, a množství energie vyzářené zpět do vesmíru. Díky skleníkovým plynům je omezeno zpětné vyzařování tepla, a na Zemi je tedy udržována relativně stabilní teplota.

Koncentrace CO₂ v atmosféře je však zvyšována vlivem antropogenní činnosti, a to již od doby průmyslové revoluce. Nárůst CO₂ v atmosféře je v současnosti rychlejší než kdykoli v předešlých 650 000 letech.⁶ Změny složení atmosféry mohou narušit celosvětové klima a hydrologický cyklus, a tím i vodní zdroje.

Nárůst CO₂ může ovlivnit planetu nejen změnou účinnosti skleníkového efektu, ale i samotným nárůstem koncentrace. Nárůst CO₂ ovlivňuje druhy organismů odlišně, takže pravděpodobně bude vést k postupným změnám v druhovém rozložení a dynamice všech terestrických i akvatických ekosystémů.⁵

Důsledky

Vliv na zastoupení potravy

Stále jsou velké nepřesnosti v předpovědi vlivu změny klimatu na ekosystémy, k pochopení jak klimatické změny ovlivňují přirozené interakce mezi druhy. Klimatické změny mohou mít neočekávané následky, protože různé druhy vykazují specifické reakce na změny teploty prostředí. Výzkum ukazuje, že trofické vztahy mezi fytoplanktonem a zooplanktonem mohou být narušeny právě zvyšující se teplotou vody. To má následný vliv na tok zdrojů do vyšších trofických úrovní.

Existují důkazy, že oteplování klimatu má za následek snižování produktivity jezer.⁷ Zvyšování teploty od začátku 20. století vede ke zvyšování teploty u hladiny, a tím narušuje stabilitu vodního sloupce a ovlivňuje výstup nutrientů do povrchových vrstev.

Globální převaha invazivních druhů

Migrace druhů na nová území je přirozeným jevem, který se zde vyskytoval během celé evoluční historie. V moderní době je přirozená migrace druhů posílena lidskými zásahy, jako je například lodní doprava a budování vodních cest spojující dosud nepropojené vodní útvary. V posledních desetiletích pokračující nárůst teploty pozitivně podporoval osídlení, růst a převahu nepůvodních druhů na jejich nových územích. Další příčinou může být nárůst dusíku a dusíkatých sloučenin ve vodách, který může napomoci převaze invazivních vodních druhů.¹

Akvatické invazní druhy, tedy nepůvodní druhy, které působí environmentální škody, mohou způsobit široké spektrum ekologických následků, jako je ztráta přirozené biodiversity, narušení habitatu, změny v chemii vody, narušené biochemické procesy, změny hydrologie, narušení potravního řetězce.¹

Jejich interakce s ostatními vlivy způsobenými globálními změnami není zcela pochopena. Globální změny mohou ovlivnit distribuci druhů a dynamiku zdrojů jak v terestrických, tak akvatických ekosystémech a současně mohou interagovat s biologickou invazí. Tyto následky jsou způsobeny vlivem kompetice, kdy invazní druhy snižují dostupnost zdrojů pro ostatní druhy, a ekosystémovými vlivy, kdy invazní druhy narušují základní vlastnosti ekosystému.

Oba tyto druhy vlivů mohou ohrozit přirozenou biodiverzitu a negativně ovlivnit ekosystémové odezvy na klimatické změny.¹

Vliv na marinní a oceánské ekosystémy

Nadměrný rybolov, znečištění a klimatické změny jsou hlavními činiteli ovlivňujícími oceánské a marinní prostředí. Klimatické změny mohou mít za následek zvyšování mořské hladiny, nárůst teploty vody a odchylky od současného stavu srážek, větru a cirkulace vody.¹

Zvyšování hladiny oceánů

Vlivem teplotní roztažnosti oceánské vody a zvyšujícím se táním ledovců bude hladina oceánů pravděpodobně stoupat a v roce 2100 by měla být zhruba o jeden a půl metru vyšší než v současnosti.⁸

Značný počet akvatických druhů bude ohrožován současně se zvyšující se hladinou, až budou některé z nich prohlášeny za ohrožené, nebo vyhynulé. Mezi nejvíce zranitelné druhy patří migrující druhy ryb (např. úhoři), další vodní druhy organismů (želvy), korálové útesy, někteří vodní korýši a velké vodní ptáci (plameňáci, pelikáni, husy). Ohroženy jsou zejména z důvodu zničení třecích a hnízdících ploch.⁹

Vliv na příbřežní a estuarinní prostředí

Ústí řek mohou pocítovat ztrátu ploch pro rozmnožování, výkyvy mořské vody a souvisejících organismů, změny ve způsobu cirkulace, které ovlivňují udržitelnost původních druhů, zvýšení hypoxie a nárůst síly bouří. Estuarinní a pobřežní prostředí mohou prodělat ústup chladnomilných druhů, které nahradí široké zastoupení teplomilných druhů.¹

Acidifikace vod

pH oceánů je dáno zejména vápenato-uhličitanovou rovnováhou. Od roku 1800 oceány absorbovaly zhruba 1/3 antropogenního CO₂ a průměrné pH oceánů bylo sníženo o zhruba 0,1. Pokud nedojde ke zlepšení, oceánské pH pravděpodobně do roku 2100 klesne o dalších 0,4 jednotek. Snižování pH ovlivní celý oceánský systém, kde chladnější oceánské vody vyšších zeměpisných šířek budou postiženy rychleji, než teplé rovníkové vody.¹⁰

Zemědělství, chov dobytka a spalování fosilních paliv má za následek uvolňování SO₂, amoniaku a oxidů dusíku, které jsou dále transformovány na kyselinu sírovou nebo dusičnou. Nárůst obsahu acidických složek má kromě snížení pH také za následek snížení kapacity oceánů ukládat CO₂.¹

Vliv na sladkovodní ekosystémy

Sladkovodní prostředí je zejména ovlivněno úpravami a využitím plochy povodí, kontaminací vodních zdrojů a změnou hydrologie. Vodní toky po celém světě podstoupily dramatické antropogenní změny, snižující jejich schopnost adaptace a adsorpce výkyvů. Klimatické změny mohou způsobovat řadu problémů zahrnující ztrátu přirozené biodiverzity, nárůst povodní, nebo naopak nedostatek vody. Mnoho ekologických studií zabývajících se vlivem klimatické změny na povodí ukazuje to, že například území s přehradami vyžadují více opatření ke zmírnění dopadů klimatických změn, než volně tekoucí řeky.¹

Rychlost odparu

Postupné zvyšování zemské teploty iniciuje následný odpar vody. Tento problém je zapříčiněn i dalšími vlivy člověka, jako je úprava krajiny a hydrologie vodních toků. Rozsáhlá území po celé planetě postihují srážkové události s vyšší intenzitou než v minulosti, a sušší oblasti naopak mohou mít srážek méně. Jsou častější intenzivnější povodně, anebo sucha, zejména v subtropických oblastech.¹¹

Například nadměrný odpar z jezer může mít za následek zvýšení salinity a zmenšení plochy hladiny. Tyto dynamické změny v hydrologickém cyklu způsobují, že množství vodních druhů migruje do alternativních vodních těles, pokud mají možnost, nebo zůstávají v ohrožení, či vymírají.¹

Doplňování zásob podzemních vod

Dle IPCC bude docházet k nárůstu využívání podzemní vody vlivem nedostatku vody povrchové a rostoucí spotřebě vody², je tedy důležitá jejich ochrana.

Proces doplňování zásob podzemních vod je dán množstvím vody na povrchu a dalšími vlivy, jako je klima (ovlivňující odpar), vegetace, půdní a horninové charakteristiky. Například snížení srážek o 15 % při stejné teplotě může znamenat snížení infiltrované vody až o 40–50 %.¹²

Vztah mezi klimatem a podzemní vodou je komplexní. Hlavním vlivem pro doplňování zásob podzemních vod je vegetace, která ovlivňuje poměr mezi povrchovým odtokem a vsakem, ale také lokální klima pomocí evapotranspirace, zastínění atd. Dalším faktorem mohou být změny doby tání sněhové pokrývky, měnící hydrologický cyklus, jejichž důsledkem může být ovlivnění vodnatosti přilehlých vodních toků, a tím i doplňování podzemních vod.¹³ Citlivé pro

ovlivnění klimatickými změnami jsou hory a aridní oblasti, kde mírný posun doby výskytu a trvání sezónního počasí může výrazně změnit doplňování zvodně.

Kromě doplňování zásob podzemní vody může být ovlivněn i celkový režim proudění. Změny vlivem klimatu se ale mohou projevit až po dlouhé době, z důvodu dlouhé doby zdržení a značné velikosti zásob některých zvodní.¹⁴

Ovlivnění mokřadů

Ovlivnění podzemní vody vlivem klimatických změn je také úzce spjata s existencí mokřadů. Povrchová vodní tělesa jsou totiž součástí systémů proudění podzemních vod, takže jejich hladina i obsah živin může být podzemními vodami ovlivněn. Tyto specifické ekosystémy tedy mohou být podzemními vodami, ale i teplotou a dalšími důsledky klimatických změn, ovlivněny, nebo zcela zaniknout.¹⁵

Reference

1. Eissa, A. E. & Manal, M. Z. (2011). Urban Environmental Pollution 2010 – The impact of global climatic changes on the aquatic environment. *Procedia Environmental Sciences* 4, 251–259.
2. IPCC: Intergovernmental panel on climate change. Dostupný na: <http://www.ipcc.ch/>
3. Ospina-Álvarez, N. & Piferrer, F. (2008). Temperature-Dependent Sex Determination in Fish Revisited: Prevalence, a Single Sex Ratio Response Pattern, and Possible Effects of Climate Change. *PLoS ONE* 3, 2837.
4. Hawkes, L.A., Broderick, A.C, Godfrey, M.H. & Godley, B.J. (2007). Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. *Global Change Biology* 13, 923.
5. Eissa, A.E., Moustafa, M., El-Husseiny, I.N., Saeid, S., Saleh, O & Borhan, T. (2009). Identification of some skeletal deformities in some freshwater teleost raised Egyptian aquaculture. *Chemosphere* 77, 419.
6. Siegenthaler, U., Stocker, T.F., Monnin, E., Lüthi, D., Schwander, J., Stauffer, B., Raynaud, D., Barnola, J.M., Fischer, H., Masson-Delmotte, V. & Jouzel J. (2005). Stable carbon cycle-climate relationship during the Late Pleistocene. *Science* 310, 1313.
7. O'Reilly, C.M., Alin, S.R., Plisnier, P., Cohen A. S., & McKee, B.A. (2003). Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa. *Nature* 424, 766.
8. Carlson, A.E., Legrande, A.N., Oppo, D., W Came, R. E., Schmidt, G. A., Anslow, F. S., Licciardi, J. M. & Obbink, E. A. (2008). Rapid early Holocene deglaciation of the Laurentide ice sheet. *Nature Geoscience* 1, 620.
9. Newson, S.E., Mendes, S., Crick, H.Q.P., Dulvy, N.K., Houghton, J.D.R., Hays, G.C., Hutson, A.M., Macleod, C.D., Pierce, G.J. & Robinson, R.A. (2009). Indicators of the impact of climate change on migratory species. *Endangered Species Research* 7, 101.
10. Caldeira, K. & Wickett, M.E. (2003). Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425, 365.
11. Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J. & Melillo, J.M. (1997). Human domination of earth's ecosystems. *Science* 277, 494.
12. Sandström, K. (1995). Modeling the effects of rainfall variability on groundwater recharge in semi-arid Tanzania. *Hydrology Research* 26 (4–5), 313–330.
13. Taylor, R.G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., Longuevergne, L., LeBlanc, M., Famiglietti, J., Edmunds, M., Konikow, L., Green, T.R., Chen, J., Taniguchi, M., Birkens, M.F.P., Macdonald, A., Fan, Y., Maxwell, R.M., Yechieli, Y., Gurdak, J.J., Allen, D.M., Shamsudduha, M., Hiscock, K., Yeh, P.J.F., Holman, I. & Treidel, H. (2013). Ground water and climate change. *Nature Climate Change* 3, 322–329.
14. Smerdon, B.D. (2017). A synopsis of climate change effects on groundwater recharge. *Journal of Hydrology* 555, 125–128.
15. Havril, T., Tóth, Á., Molson, J.W., Galsa, A. & Mádl-Szőnyi, J. (2017). Impacts of predicted climate change on groundwater flow systems: Can wetlands disappear due to recharge reduction? *Journal of Hydrology* (v tisku).