

JENÍČEK, M., NEDĚLČEV, O., TYL, R., LEDVINKA, O., VAJSKEBR, V., UNUCKA, J., ŠERCL, P., BERNSTEINOVÁ, J., LANGHAMMER, J., 2023. CAMELS-CZ: Databáze atributů povodí pro hydrologické a klimatologické studie na velkém vzorku malých povodí. In: TOLASZ, R., POLCAROVÁ, E. (Eds.), 2023. Sborník příspěvků z První konference projektu PERUN (TA ČR, SS02030040). Praha: ČHMÚ, 99–105, ISBN 978-80-7653-063-8.

<https://doi.org/10.59984/978-80-7653-063-8.14>

CAMELS-CZ: Databáze atributů povodí pro hydrologické a klimatologické studie na velkém vzorku malých povodí **(CAMELS-CZ: A catchment attribute database for hydrological and climatological studies using a large sample of catchments)**

Michal Jeníček, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, michal.jenicek@natur.cuni.cz

Ondřej Nedělčev, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie

Radovan Tyl, Český hydrometeorologický ústav

Ondřej Ledvinka, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Český hydrometeorologický ústav

Václav Vajskebr, Český hydrometeorologický ústav

Jan Unucka, Český hydrometeorologický ústav

Petr Šercl, Český hydrometeorologický ústav

Jana Bernsteinová, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie

Jakub Langhammer, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie

Abstrakt: Hydrologické metody založené na analýze dat z velkého vzorku povodí s různými charakteristikami (large-sample hydrology; comparative hydrology) umožňují komplexní analýzu hydrologického režimu, a tím i popisu hydrologické variability a změn složek vodní bilance v prostoru a čase. Tyto metody poskytují vhled do hydrologických procesů, které jsou utvářeny faktory prostředí a klimatem a umožňují vyvozovat závěry s obecnější platností. Nicméně, pro efektivní analýzy hydrologického chování jsou kromě dat odtoku a klimatických proměnných nezbytná také data o vlastnostech povodí, především geologie, půdy, topografie a vegetace. Z těchto důvodů vytvořila světová hydrologická komunita řadu volně dostupných rozsáhlých datových sad známých pod zkratkou CAMELS (Catchment Attributes and Meteorology for Large-sample Studies), které nejčastěji na národní úrovni poskytují ve srovnatelné struktuře atributy povodí, a dále hydrologické a meteorologické časové řady. Cílem tohoto příspěvku je prezentovat aktuální stav přípravy databáze CAMELS pro území Česka (CAMELS-CZ) jako jednotné referenční datové platformy pro analýzy a modelování, využívající velký vzorek povodí.

Klíčová slova: databáze charakteristik povodí – komparativní hydrologie – regionalizace – hydrologické modelování

Abstract: Hydrological methods based on the analysis of data from a large sample of catchments with different characteristics (large-sample hydrology; comparative hydrology) allow a comprehensive analysis of the hydrological regime and thus a description of hydrological variability and change in the components of the water balance. These methods

provide insight into hydrological processes that are shaped by environmental and climatic factors and allow more general conclusions to be drawn. However, in addition to climate and runoff data, catchment attributes, such as geology, soils, topography and vegetation, are essential for effective hydrological behaviour analysis. For these reasons, the global hydrological community has recently developed a number of freely available large-scale datasets known as CAMELS (Catchment Attributes and MEteorology for Large-sample Studies), which provide catchment attributes, as well as hydrological and meteorological time series, in a comparable structure at national scales. The aim of this contribution is to present the current state of preparation the CAMELS database for Czechia (CAMELS-CZ) as a reference data platform for analysis and modelling, using large-sample of catchments.

Keywords: catchment attributes database – comparative hydrology – large-sample hydrology – regionalization – hydrological modelling

1. Úvod

Hydrologické metody založené na analýze dat z velkého vzorku povodí s různými charakteristikami (large-sample hydrology; comparative hydrology) umožňují komplexní analýzu hydrologického režimu, a tím i popisu hydrologické variability a změn složek vodní bilance v prostoru a čase (Addor et al. 2020). Tyto metody poskytují vhled do hydrologických procesů, které jsou utvářeny faktory prostředí a klimatem a navzdory neznalostí místních specifik v měřítku jednotlivých povodí, umožňují vyvozovat závěry s obecnější platností. Takováto srovnávací hydrologie dokáže lépe zkoumat rozdíly a podobnosti mezi povodími, což dále dovoluje jejich klasifikaci a regionalizaci (Kuentz et al. 2017). Práci s velkými sety povodí navíc výrazně zefektivňují hydrologické modely (Jenicek et al. 2021; Jenicek a Ledvinka 2020). Výsledky studií na velkém vzorku dat pak umožňují zobecnění dosažených poznatků a jejich přenesení na větší měřítkové úrovni.

Pro efektivní analýzy hydrologického chování jsou kromě dat odtoku a klimatických proměnných nezbytná také data o vlastnostech povodí, především jejich přírodní charakteristiky, jako jsou geologie, půdy, topografie či vegetace. Datové podklady pro výpočet těchto charakteristik jsou většinou dostupné odděleně pro jednotlivé země, nicméně jejich jednorázové zpracování pouze pro konkrétní studii je časově velmi náročné. Navíc, pokud chce uživatel analyzovat zvolený jev v regionálním či globálním měřítku, naráží na dostupnost a nekonzistentnost podkladů napříč jednotlivými zeměmi. I z těchto důvodů v nedávné době vytvořila světová hydrologická komunita řadu volně dostupných rozsáhlých datových sad známých pod zkratkou CAMELS (*Catchment Attributes and MEteorology for Large-sample Studies*), které nejčastěji na národní úrovni poskytují ve srovnatelné struktuře atributy povodí, a dále hydrologické a meteorologické časové řady. Tato aktivita se i nadále rozvíjí, a přibývají datové sady z dalších zemí. Cílem tohoto příspěvku je prezentovat aktuální stav přípravy databáze CAMELS pro území Česka (CAMELS-CZ) jako jednotné referenční datové platformy pro analýzy a modelování, využívající velký vzorek povodí (large-sample studies). Tento příspěvek představuje aktualizaci příspěvku, který byl v květnu 2023 prezentován na konferenci Hydrologie malých povodí (Jeníček et al. 2023).

2. Proč potřebujeme CAMELS?

Databáze atributů povodí CAMELS představuje konzistentní, úplnou, volně dostupnou databázi povodí a jejich charakteristik, která má potenciál výrazně podpořit hydrologický výzkum a výuku. Databáze rozšíří současné možnosti provádět regionální analýzy hydrologického režimu v povodích v Česku s různými vlastnostmi (např. Hotovy et al. 2023; Jenicek et al. 2021). Velký vzorek povodí umožňuje hodnotit hydrologickou variabilitu a změny v prostoru i čase (rozdíly, podobnosti, regionalizace, klasifikace). Významnou přidanou

hodnotou je skutečnost, že jde o zdola budovanou iniciativu jdoucí napříč mnoha vědecky vyspělými zeměmi (tab. 1), je tedy možné propojit jednotlivé datové sady a studovat chování povodí v regionálním až globálním měřítku zahrnující povodí v mnoha odlišných oblastech světa pokrývající velkou škálu přírodních podmínek a charakteristik klimatu. Navzdory celé řadě různých a často kvalitních dílčích datových podkladů a databází, pro Česko taková ucelená hydrologická databáze dosud neexistuje.

Tab. 1 Existující a připravované datasety pro velké hydrologické studie.

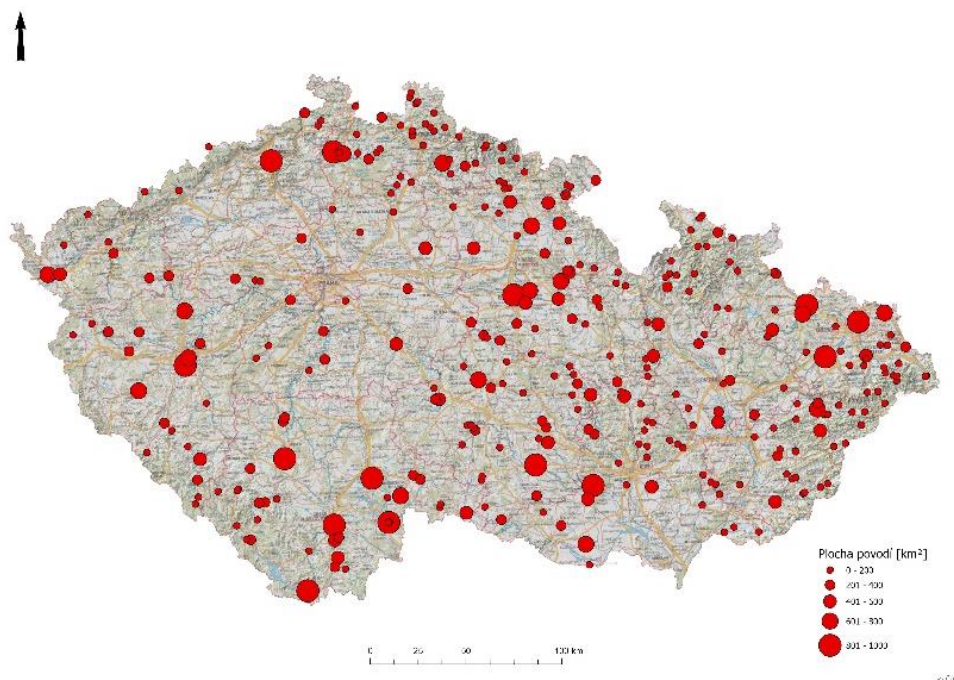
Tab. 1 Existing and in-progress datasets for large-sample hydrological studies.

Publikované		Připravované	
Název	Reference	Název	Reference
CAMELS-US	Addor et al. (2017)	CAMELS-SAX	Hauffe et al. (2023)
CAMELS-CL	Alvarez-Garretón et al. (2018)	CAMELS-DE	Loritz et al. (2022)
CAMELS-GB	Coxon et al. (2020)	CAMELS-FR	Andréassian et al. (2021)
CAMELS-BR	Chagas et al. (2020)	CAMELS-CZ	–
CAMELS-AUS	Fowler et al. (2021)		
CAMELS-CH	Höge et al. (2023)		
LAMAH-CE	Klingler et al. (2021)		

3. Výběr povodí, datová struktura a podkladová data

Do databáze budou zahrnuta všechna povodí, která jsou uzavřena limnigrafickou stanicí, a která splňují definovaná kritéria, především velikost povodí (500 nebo 1000 km²) a doba pozorování průtoku (minimálně 30 let). Tuto podmínku splňuje 330 povodí zahrnutých v síti ČHMÚ (obr. 1). Míra ovlivnění povodí lidskou činností (přehrady, odběry) bude v databázi klasifikována, přičemž některá povodí mohou být označena jako referenční, což umožní uživateli výběr přírodně blízkých povodí pro analýzy jejich hydrologického chování a trendů. Odhadovaný počet povodí řadí databázi CAMELS-CZ k těm početnějším s ohledem na plochu celého zájmového území, přičemž by povodí měla pokrývat více jak 2/3 rozlohy Česka.

Jednotlivé charakteristiky povodí jsou rozděleny do šesti hlavních tříd – topografie, klima, hydrologie, vegetace, půdy a geologie. Navíc budou pro každé povodí doplněny základní údaje (např. poloha, id stanice apod.) a míra antropogenního ovlivnění. Příklady některých charakteristik a podkladových dat jsou uvedeny v tab. 2. Charakteristiky povodí budou agregovány pro celé povodí. Kromě toho budou uvedeny odkazy na dostupné datové podklady, ze kterých byly charakteristiky spočteny. Mezi ty hlavní patří časové řady průtoku ze závěrových stanic a průměrné denní hodnoty vybraných klimatických prvků (teplota vzduchu, srážky).



Obr. 1 Přehled povodí ČHMÚ s plochou do 1000 km² a dobou pozorování delší než 30 let. Body představují polohu závěrového profilu s limnigrafickou stanicí, jejich velikost určuje plochu povodí.
Fig. 1 An overview of catchments maintained by CHMI with area below 1000 km² and observed time series longer than 30 years. Red points represent outlet profile location, point size represents catchment area.

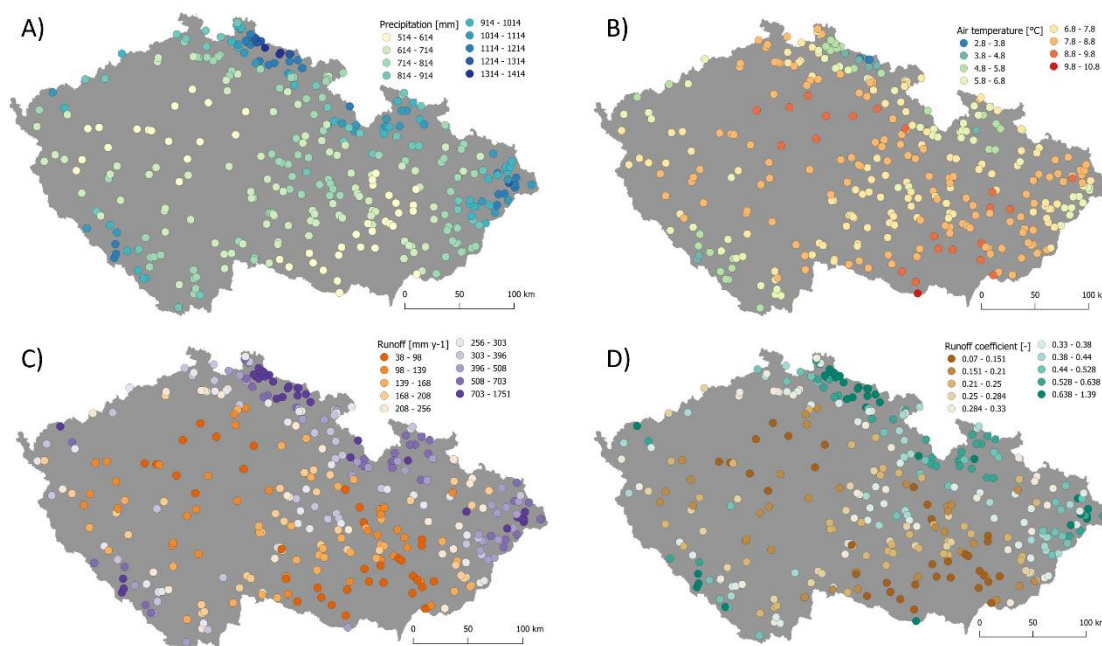
Tab. 2 Příklad atributů povodí pro jednotlivé třídy parametrů.

Tab. 2 Examples of catchment attributes for specified parameter classes.

Třída parametrů	Vybrané parametry	Datové podklady pro výpočet
Topografie	Nadmořská výška, sklon, hustota říční sítě	DMR 4G (ČÚZK)
Klima	Úhrn srážek, teplota vzduchu, podíl sněhových srážek, index aridity	Staniční i gridové časové řady základních klimatických proměnných (ČHMÚ)
Hydrologie	Kvantily průtoku, sklon křivky M-denních Q, počet dní s nízkými/vysokými Q	Časové řady průtoku ze stanic (ČHMÚ), hydrografie (DIBAVOD)
Půdy	Pórovitost, podíl půdních frakcí, nasycená hydraulická vodivost, RVK	Mapy zrnitosti, databáze hydraulických vlastností půd (VÚMOP, ČVÚT)
Vegetace	Podíl lesa, mokřadů, orné půdy atd., Leaf Area Index (LAI)	CORINE Landcover (Copernicus),
Geologie	Nejčastější typ hornin, propustnost, podíl krasových hornin	Geologické mapy (ČGS)

4. Příklad mapových výstupů

Pro povodí vybrané na základě definovaných kritérií byly spočteny základní klimatické a hydrologické charakteristiky (obr. 2). Výpočty byly provedeny prozatím po několik vybraných atributů, další budou počítány průběžně s plánem dokončit výpočty během roku 2024.



Obr. 2 Průměrný roční úhrn srážek (A), průměrná roční teplota vzduchu (B), průměrná roční odtoková výška (C), průměrný roční odtokový koeficient (D) na povodích v Česku v období 1960–2020.

Fig. 2 Mean annual precipitation (A), mean annual air temperature (B), mean annual runoff depth (C), mean annual runoff coefficient (D) in catchments in Czechia in the period 1960–2020.

5. Další postup a možné budoucí směry vývoje

V současné době probíhá v rámci dílčího úkolu projektu TA ČR PERUN diskuze nad výběrem povodí, a především nad strukturou databáze a konkrétními charakteristikami, které budou pro jednotlivá povodí počítány. Navržená struktura je v současnosti také konzultována s možnými koncovými uživateli databáze napříč českou hydrologickou komunitou. Diskutovanou otázkou také zůstává míra otevřenosti a dostupnosti datových podkladů, které budou použity pro výpočet jednotlivých charakteristik. Pro výslednou databázi je zásadní její otevření pro volné použití, například pod některou z variant licence CC BY.

Další vývoj naznačují současné snahy o propojení datových sad CAMELS do větších celků (CARAVAN), ve kterých je pro výpočet použita jednotná metodika a datové podklady (Kratzert et al. 2023). Cílem je tak vytvořit databázi atributů povodí spočtených nad jednotnými datovými podklady, což dále prohloubí možnosti globálních analýz hydrologického režimu.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Literatura

ADDOR, N., DO, H. X., ALVAREZ-GARRETON, C., COXON, G., FOWLER, K., MENDOZA, P. A., 2020. Large-sample hydrology: recent progress, guidelines for new datasets and grand challenges. *Hydrological Sciences Journal*, **65**(5), 712–725.

<https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1683182>

ADDOR, N., NEWMAN, A. J., MIZUKAMI, N., CLARK, M. P., 2017. The CAMELS data set: catchment attributes and meteorology for large-sample studies. *Hydrology and Earth System Sciences*, **21**(10), 5293–5313. <https://doi.org/10.5194/hess-21-5293-2017>

- ALVAREZ-GARRETON, C., MENDOZA, P. A., BOISIER, J. P., ADDOR, N., GALLEGUILLOS, M., ZAMBRANO-BIGIARINI, M., LARA, A., PUELMA, C., CORTES, G., GARREAUD, R., MCPHEE, J., AYALA, A., 2018. The CAMELS-CL dataset: catchment attributes and meteorology for large sample studies – Chile dataset. *Hydrology and Earth System Sciences*, **22**(11), 5817–5846. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5817-2018>
- ANDRÉASSIAN, V., DELAIGUE, O., PERRIN, C., JANET, B., ADDOR, N., 2021. CAMELS-FR: A large sample, hydroclimatic dataset for France, to support model testing and evaluation. EGU General Assembly 2021. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-13349>
- CHAGAS, V. B. P., L. B. CHAFFE, P., ADDOR, N., M. FAN, F., S. FLEISCHMANN, A., C. D. PAIVA, R., SIQUEIRA, V. A., 2020. CAMELS-BR: Hydrometeorological time series and landscape attributes for 897 catchments in Brazil. *Earth System Science Data*, **12**(3), 2075–2096. <https://doi.org/10.5194/ESSD-12-2075-2020>
- COXON, G., ADDOR, N., BLOOMFIELD, J. P., FREER, J., FRY, M., HANNAFORD, J., HOWDEN, N. J. K., LANE, R., LEWIS, M., ROBINSON, E. L., WAGENER, T., WOODS, R., 2020. CAMELS-GB: hydrometeorological time series and landscape attributes for 671 catchments in Great Britain. *Earth System Science Data*, **12**(4), 2459–2483. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2459-2020>
- FOWLER, K. J. A., ACHARYA, S. C., ADDOR, N., CHOU, C., PEEL, M. C., 2021. CAMELS-AUS: hydrometeorological time series and landscape attributes for 222 catchments in Australia. *Earth System Science Data*, **13**(8), 3847–3867. <https://doi.org/10.5194/essd-13-3847-2021>
- HAUFFE, C., BRANDES, C., LEI, K., PAHNER, S., KÖRNER, P., KRONENBERG, R., SCHUETZE, N., 2023. CAMELS-SAX: A meteorological and hydrological dataset for spatially distributed modeling of catchments in Saxony. EGU General Assembly 2023. <https://doi.org/10.5194/EGUSPHERE-EGU23-14357>
- HÖGE, M., KAUZLARIC, M., SIBER, R., SCHÖNENBERGER, U., HORTON, P., SCHWANBECK, J., FLORIANCIC, M. G., VIVIROLI, D., WILHELM, S., SIKORSKA-SENONER, A. E., ADDOR, N., BRUNNER, M., POOL, S., ZAPPA, M., FENICIA, F., 2023. CAMELS-CH: hydro-meteorological time series and landscape attributes for 331 catchments in hydrologic Switzerland. *Earth System Science Data Discussion*. <https://doi.org/10.5194/essd-2023-127>
- HOTOVY, O., NEDELCEV, O., JENICEK, M., 2023. Changes in rain-on-snow events in mountain catchments in the rain–snow transition zone. *Hydrological Sciences Journal*, **68**(4), 572–584. <https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2177544>
- JENICEK, M., HNILICA, J., NEDELCEV, O., SIPEK, V., 2021. Future changes in snowpack will impact seasonal runoff and low flows in Czechia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, **37**, 100899. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100899>
- JENICEK, M., LEDVINKA, O., 2020. Importance of snowmelt contribution to seasonal runoff and summer low flows in Czechia. *Hydrology and Earth System Sciences*, **24**(7), 3475–3491. <https://doi.org/10.5194/hess-24-3475-2020>
- JENÍČEK, M., NEDĚLČEV, O., TYL, RADOVAN, VAJSKEBR, V., UNUCKA, J., ŠERCL, P., BERNSTEINOVÁ, J., LANGHAMMER, J., 2023. CAMELS-CZ: Databáze atributů povodí pro hydrologické a klimatologické studie na velkém vzorku malých povodí. In S. Hnilicová & M. Tesař (Eds.), *Hydrologie malého povodí 2023*, 7–10, Ústav pro hydrodynamiku AV ČR.

KLINGLER, C., SCHULZ, K., HERRNEGGER, M., 2021. LamaH-CE: LArge-SaMple DAta for Hydrology and Environmental Sciences for Central Europe. *Earth System Science Data*, **13**(9), 4529–4565. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4529-2021>

KRATZERT, F., NEARING, G., ADDOR, N., ERICKSON, T., GAUCH, M., GILON, O., GUDMUNDSSON, L., HASSIDIM, A., KLOTZ, D., NEVO, S., SHALEV, G., MATIAS, Y., 2023. Caravan - A global community dataset for large-sample hydrology. *Scientific Data*, **10**(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-01975-w>

KUENTZ, A., ARHEIMER, B., HUNDECHA, Y., WAGENER, T., 2017. Understanding hydrologic variability across Europe through catchment classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, **21**(6), 2863–2879. <https://doi.org/10.5194/hess-21-2863-2017>

LORITZ, R., STÖLZLE, M., GUSE, B., KIESEL, J., HAßLER, S., MÄLICHE, M., TARASOVA, L., HEIDBÜCHEL, I., EBELING, P., HAUFFE, C., MÜLLER-THOMY, H., JEHN, F. U., BRUNNER, M., GÖTTE, J., ROHINI, K., 2022. CAMELS-DE: Initiative für einen konsistenten, frei verfügbaren Datensatz für hydro-meteorologische Analysen in Einzugsgebieten in Deutschland. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6517142>