
Udržitelnost a plány správy dat v digitálních sbírkách a archivech

Sustainability and Data Management Plans in Digital Collections and Archives

Ing. Michal Klodner, Ph.D. / Národní filmový archiv, Závěšova 5, 140 00 Praha 4

RESUMÉ: Ve výzkumu a digitálním kurátorství se základní pomůckou pro správu dat stávají plány správy dat (data management plan, DMP). V tomto článku se zaměříme na otázku, jak je aplikovat na oblast archivace sbírkových předmětů a jejich digitalizátů z hlediska dlouhodobé energetické udržitelnosti. Budeme se věnovat specificky také tomu, co přinášejí evropské standardy v oblasti nefinančního, tedy environmentálního reportování¹. Energetická náročnost, klimatické dopady a další parametry související s materialitou dlouhodobého uchovávání mohou ovlivnit řízení rizik spojené s velkými objemy dat a udržitelnost digitalizačních projektů. Úkolem organizací bude uvážit a navrhnout, jak tyto údaje začlenit a využít v plánování dlouhodobého uchovávání dat a datových infrastruktur.

KLÍČOVÁ SLOVA: digitální kurátorství, digitalizace, dlouhodobé uchovávání, udržitelnost, datová centra, energie, emise skleníkových plynů

SUMMARY: In research and digital curation, data management plans are becoming an essential tool for data stewardship. The article focuses on how to specifically apply them to archiving collection objects and their digitized data in terms of long-term energetic sustainability. Also, what the European standards bring in the area of non-financial, i.e. environmental reporting, is covered. Energy intensity, climate impacts and other parameters related to the materiality of long-term preservation can affect the management of risks associated with large volumes of data and the sustainability of digitization projects. Organizations will need to consider and design how to incorporate and leverage these data in planning for long-term preservation and data infrastructures.

KEYWORDS: digital curation, digitization, long-term preservation, sustainability, data centers, energy, greenhouse gas emissions

Tento recenzovaný odborný článek vznikl na základě institucionální podpory dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace poskytované Ministerstvem kultury.

1 Environmentální reportování je informační nástroj environmentální politiky, jehož úkolem je informovat zájmové skupiny (zákazníky, veřejnost) o aktivitách organizace v oblasti životního prostředí.

Spotřeba energie a emise uchovávání dat globálně

Potřeba zabývat se energetickou náročností ukládání dat vyplývá nejen z množství dat, která vznikají a neustále přibývají postupující digitalizací, ale také z hlediska nákladů na uchovávání těchto dat. S růstem množství dat se obvykle zvyšuje i množství energie potřebné k jejich uchování. Zda se spotřeba energie zvyšuje úměrně objemu dat, zda může růst exponenciálně nebo zda ji lze omezit na nezvyšující se, tedy udržitelnou úroveň, záleží na několika faktorech, kterým se budeme věnovat v tomto textu. Novým předmětem zájmu, který se v současnosti dostává do koncepcí a kalkulací ukládání dat, jsou emise skleníkových plynů. Pařížská dohoda² formuluje dlouhodobý cíl ochrany klimatu, jímž je přispět k udržení nárůstu průměrné globální teploty pod hranicí 2 °C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí a usilovat o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C. ČR se zavázala s ostatními členskými státy EU společně snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o nejméně 40 % ve srovnání s rokem 1990. V širším rámci společensky zodpovědných přístupů nejde jen o úsporu energie, ale i surovin, tedy např. nerostů, které se musí těžit, tato těžba je zásahem do krajiny a ekosystémů, často se odehrává v zemích s nerozvinutou ekonomickou sociální strukturou a s negativním dopadem na obyvatele. Z této široké problematiky nás v tomto textu bude zajímat především směrnice EU o nefinančním reportování – *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD) (Evropský parlament, 2022), pokrývající celou škálu environmentálních, sociálních a správních otázek, včetně změny klimatu, biologické rozmanitosti a lidských práv. Vzhledem k tématu se zde budeme zabývat pouze reportováním emisí skleníkových plynů v oblasti digitálního uchovávání dat.

Pro celý sektor digitálních technologií, který zahrnuje všechna zařízení jako mobilní telefony, obrazovky, domácí a kancelářská PC, síť a síťové prvky, tak pro jeho specifickou část, kterou jsou datová centra, existují globální kvalifikované odhady spotřeby energie i souvisejících emisí skleníkových plynů. Vzhledem k tomu, že tyto odhady používají různé způsoby modelování a mají tak různou spolehlivost, jejich vyčíslení jak současné spotřeby, tak zvláště projekce do roku 2030 se značně liší. Podle Masanet et al. (2020) datová centra v roce 2020 celosvětově spotřebovala 196 terawatthodin (TWh) s pouze mírným nárůstem na 210 TWh v roce 2023, přičemž se uvádí argument, že nárůst digitálního provozu je z velké míry kompenzován zvyšováním účinnosti. Jiná důvěryhodná studie (Hintemann, 2020) však konstatuje, že pokrok v účinnosti ke kompenzaci nárůstu spotřeby energie nedostačuje, a uvádí 400 TWh spotřeby pro rok 2018. Z tohoto rozptylu tak vyplývá odhad, že datová centra spotřebují 1–2 % celosvětové poptávky po elektřině. Desítky různých zdrojů potom srovnávají Mytton a Ashtine (2022). Při bližším zkoumání toho, jak tyto odhady vznikají, zjišťujeme, že za nimi jsou v některých případech odborné recenzované články, jindy analýzy trhu různých agentur nebo firem prodávajících serverové nebo síťové komponenty v různých formách dokumentů a šedé literatury, jako zdroje dat slouží placené datové sady o prodejích zařízení apod. K modelování datových center se potom používají odhady jejich počtu a účinnosti podle průměrných hodnot velikosti datacentra na základě jeho typu, podlahové plochy a množství serverů. Projekce do roku 2030 se potom liší od predikcí exponenciálního růstu spotřeby v pesimistických scénářích po relativně mírný nárůst ve scénářích optimistických. Pesimistický scénář nárůstu na desetinásobek současných hodnot může nastat souběhem některých silných

2 Pařížská dohoda o klimatu je mezinárodní smlouva o zmírňování změny klimatu, přizpůsobování se této změně a financování. Byla sjednána 196 stranami na konferenci OSN v roce 2015.

trendů růstu spotřeby spolu se stále obtížněji dosahovanými úsporami v efektivitě. Podle studie (EC, Montevecchi, Stickler, Hintemann et al. 2020), o kterou se opírá Evropská digitální strategie (EC, 2022), se v EU datová centra v roce 2018 podílela na poptávce po elektřině 2,7 % a v roce 2030 dosáhne tato poptávka 3,2 %, pokud bude vývoj pokračovat po současné trajektorii.

Emisemi skleníkových plynů celého sektoru informačních a komunikačních technologií se zabývá zpráva Biesera, Hintemanna, Lorenze a Beuckera (2023). Celkově se předpokládá, že odvětví ICT v současnosti způsobuje zhruba 1,5 až 4 % celosvětových emisí skleníkových plynů. Zde se již kromě emisí spojených se spotřebou energie počítá i s emisemi výroby zařízení. Poměr emisí z výroby a spotřeby je přitom vyšší u koncových zařízení, kde je spotřeba nízká a emise vzniklé již při výrobě (říkáme, že v produktu jsou obsažené z výroby) tak převažují v jejich celkové stopě. Naopak převaha emisí vznikajících spotřebou energie při provozu (nazýváme je emise spotřeby) je právě u prvků datacenter, tedy neustále běžících zařízení velkého výkonu. Predikce emisí se také značně liší z podobných důvodů jako u spotřeby energie, navíc ještě zahrnutím působení dalších vlivů závislých na jiných oblastech, jako je emisní intenzita energetických sítí a technologická konvergence. Emisní intenzita může klesat zvyšováním instalovaného výkonu bezemisních zdrojů. Zároveň však dochází i ke zvyšování podílu zdrojů uhelných nebo plynových, považovaných za přechodné, s dočasným vlivem. Situace a její vývoj, tedy politiky jak energetické, tak technologické (týkající se datacenter) a plánované projekty jsou v jednotlivých regionech a zemích značně odlišné. Může mít vliv také trend tzv. *edge datacenter*, tedy menších lokálních jednotek, někdy i v podobě přepravních kontejnerů, jež jsou blízko místu zpracování dat. Data v takovém případě není potřeba přenášet a uchovávat v cloudových datacentrech, mohou být blízko místům s dostupnou obnovitelnou energií nebo s úložištěm obnovitelné energie. V jejich případě je také realizovatelné efektivní využívání odpadní energie pro vytápění výrobních nebo rezidenčních budov, což šetří obvykle 40 % emisí jinak vyprodukovaných chlazením. Otázka chlazení datových center je z hlediska energetické a emisní náročnosti proto neméně významná, je ovšem závislá na umístění a stavebně technologickém řešení.

Emise výzkumné infrastruktury: příklad UKRI DRI

Jako příklad, na němž lze ukázat skutečné údaje relevantní pro konkrétní digitální výzkumnou infrastrukturu, můžeme použít zprávu britské organizace podporující výzkum a inovace *UK Research and Innovation* (UKRI)³, zastřešující sdružení devíti hlavních výzkumných rad a organizací. UKRI zajišťuje národní digitální výzkumnou infrastrukturu (*Digital Research Infrastructure*, DRI)⁴, která poskytuje výzkumným pracovníkům technologickou základnu (včetně pěti superpočítačových center). UKRI přijala jako cíl dekarbonizace (a má povinnost zajistit), aby emise, za které zodpovídá, byly do roku 2040 nebo dříve nulové. V době, kdy byl tento cíl zformulován, bylo žádoucí prokázat přední postavení sektoru výzkumu, a to tím, že o deset let předstihne cíl stanovený pro ostatní sektory. Ve výzkumném projektu tedy proběhla jak detailní technická analýza, tak analýza participace zúčastněných stran a v roce 2023 byla vydána závěrečná zpráva

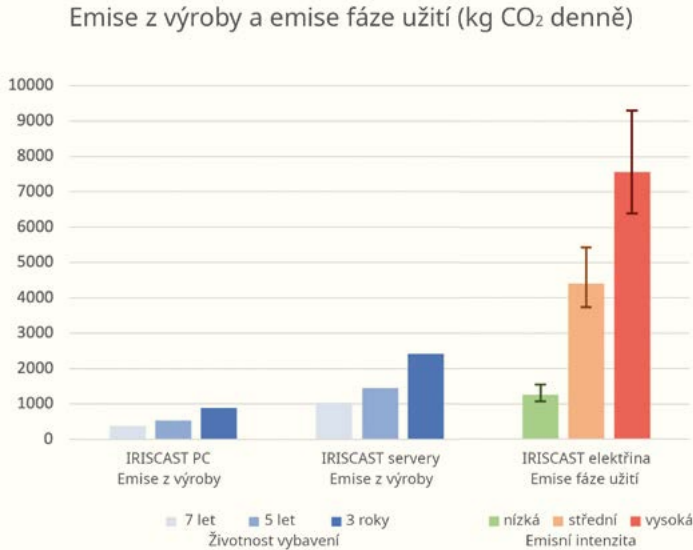
3 V Databázi zkratků pro knihovnictví a informační obory NK ČR (KZK) naleznete odkazy na jednotlivé rady UKRI ad.: https://aleph.nkp.cz/F/?func=direct&doc_number=000017254&local_base=KZK.

4 Bližší informace o této výzkumné infrastruktuře: <https://www.ukri.org/what-we-do/creating-world-class-research-and-innovation-infrastructure/digital-research-infrastructure/>.

(Juckes, Bane, Bulpett, Cartmell, MacFarlane et al., 2023). Není přesným auditem spotřeby, k mnoha údajům byly použity odhady a průměry, některé parametry jsou proměnlivé, je však zřejmé, na čem celková čísla závisí. Pro laickou představu o množství emisí se k ilustraci údajů (nebo někdy z důvodu kompenzace) používají přepočty emisí na různé ekvivalenty. Jako ekvivalent ročního objemu 40 000 tun skleníkových plynů emitovaných velkými výpočetními centry UKRI DRI tak zpráva uvádí 21 obletů země tryskovým letadlem denně. Za činností počítačových center si tedy můžeme představit tyto někde neustále nastartované desítky letadel. Další částí jsou emise běžných serveroven a notebooků – celkově 35 000 tun ročně.

V samostatném projektu byly analyzovány zdroje emisí uhlíku z infrastruktur v šesti institucích IRIS (zahrnuje několik univerzit a sdílenou cloudovou infrastrukturu poskytovanou radou SFTC)⁵ za 24 hodin v průběhu listopadu 2022. Jedna část celku, emise fáze užití, se vztahuje na emise z aktivního použití DRI, tj. z dodávek elektřiny. Uhlíková náročnost dodávek elektřiny ve Spojeném království vykazuje velké rozdíly v čase a regionech. Průměrná emisní intenzita se v době výzkumu pohybovala od 60 do 300 gCO₂/kWh, přičemž záleží na konkrétním čase, protože kolísá podle aktuální výroby energie obnovitelnými zdroji. Na obr. 1 jsou tedy hodnoty reprezentovány variantami 50, 175 a 300 gCO₂/kWh jako nízká, střední a vysoká emisní intenzita. Ne všechna energie je však přímo spotřebována zařízeními. Dodatečná energie potřebná k provozu je reprezentována metrikou účinnosti využití energie (*power usage efficiency*, PUE), reprezentující ztráty v důsledku chlazení serveroven aj. Hodnoty reprezentující nízkou, střední a vysokou hodnotu PUE byly 1,1 (10 % dodatečné spotřeby energie), 1,3 (30 % dodatečné spotřeby) a 1,6 (60 % spotřeby navíc). Další částí celkových emisí jsou emise z výroby zařízení, tedy vyprodukované během těžby surovin a výroby. Jsou dány výrobou a dále už se nemění, udává je výrobce nebo se použije údaj pro obdobné zařízení. Ve studii byly použity hodnoty pro počítač Fujitsu PC a běžný rackový server Dell, jednotlivé údaje byly přepočteny tak, aby byly reprezentativní pro všech 2398 uzlů infrastruktury. Příspěvek k emisím za dané 24hodinové období je dán podílem z celkové životnosti zařízení, odhady zde předpokládaly životnost 3 roky, 5 a 7 let.

5 Science and Technologies Facility Council je provozovatelem sdílené digitální infrastruktury IRIS: <https://www.iris.ac.uk/what-is-iris/>.



Obr. 1 Emise výroby zařízení a emise spotřeby energie infrastruktury IRISCAST, přepočteno na 24hodinový průměr. Modré sloupce: Odhady emise výroby pro všech 2398 uzlů IRIS ze šesti institucí (předpoklady pro typické vlastnosti PC a serverů). Modré stínování označuje přepočtené emise při různých životnostech zařízení. Zelené/Žluté/Červené sloupce: Odhady emisí fáze užití pro všech 2398 uzlů IRIS pro nízkou, střední a vysokou emisní intenzitu sítě. Výška sloupců představuje střední efektivitu využití energie, chybové rozsahy označují variaci od nízké po vysokou PUE. Obrázek podle (Juckes, Bane, Bulpett, Cartmell, MacFarlane et al., 2023).

Je zde vidět, že při nejlepších parametrech (dlouhá životnost zařízení, nízká emisní intenzita sítě, nízké ztráty PUE) lze emise udržet pod hodnotou 3 tuny denně, zatímco v případě nepříznivé kombinace se dostávají k 12 tunám denně. To je obrovský rozdíl, který můžeme ovlivnit. Obecně věda a výzkum tvoří pouze malou část celkových emisí ICT, autoři zprávy však mají za to, že excelence v akademické komunitě je klíčová jako spouštěč širších technologických a společenských změn.

Plánování správy dat

Plány správy dat (DMP) jsou obvykle jedno- nebo dvoustránkové souhrny, které popisují, jak bude s daty nakládáno během výzkumného projektu a po jeho ukončení. V současnosti je plán správy dat obvykle podmínkou financování výzkumných a digitalizačních projektů všude tam, kde se očekává, že budou data vznikat. Je z něho předem patrné, jak se s daty v průběhu projektu a po jeho skončení bude nakládat, jaký je jejich předpokládaný objem, způsob zpracování a využití. Doporučení pro údaje uváděné v plánech správy dat vytváří již od roku 2009 britské Centrum digitálního kurátorství (*Digital Curation Centre*, DCC) a jeho šablona DMP (DCC, 2013) je jedním z používaných standardů. DCC rovněž poskytuje online nástroj pro vytváření plánů *DMPonline* (DCC, 2010–2024). Jelikož se požadavky na DMP mohou u různých programů financování lišit, vznikly i nástroje pracující s šablonami např. přímo pro Horizon Europe ad. Takovým je např. *Data Stewardship Wizard* (2018–2024), volně dostupný webový nástroj vyvíjený s českou účastí v rámci výzkumné infrastruktury ELIXIR. V odborné komunitě dlouhodobého digitálního uchování je etablováno a diskutováno i téma udržitelnosti, objevilo se již na iPress konferenci

ve Vídni v roce 2010. Pro přehled lze zmínit např. příspěvky publikované konsorciem pro dlouhodobé uchovávání *Digital Preservation Coalition*.⁶

Tento text není zaměřen na plány správy dat jako takové a nebude se jimi tedy zabývat do hloubky, ačkoli se dále bude dotýkat koncepčních otázek způsobu ukládání kopií dat a nákladů s tím spojených. Poskytne tak určitá vodítka pro odpovídající části DMP, které jsou tvořeny skupinami otázek k nějaké oblasti. Zajímat nás budou otázky související s energetickou spotřebou digitálního uložení dat, které se mohou vyskytovat v různých částech DMP, zejména v částech týkajících se zálohování, dlouhodobého uchovávání nebo rozpočtu. Mohou to být otázky následujících typů, ovšem bude možné se setkat i s jejich mnohem podrobnějšími a přesnějšími formami:

- Kde, např. v jakém úložišti nebo archívu, budou data uložena?
- Máte dostatečný prostor úložiště nebo budete muset zahrnout další úložiště jako služby?
- Jak budou data zálohována?
- Jak dlouho budou data udržována a uchovávána?
- Jaké případné náklady vám bude vybrané úložiště nebo archiv dat účtovat?
- Jak budete strukturovat a přírůstkovat (označovat, registrovat) složky a soubory?
- Budete sdílet data prostřednictvím úložiště, zpracovávat požadavky přímo nebo použijete jiný mechanismus?

Plánování tak zohledňuje nejen způsob uložení a náklady na uchovávání, ale i přístup k datům. Souvisí s ním tedy volba datových nosičů, to znamená vyvážení výhod tzv. chladného dlouhodobého archívu oproti požadavkům na zpřístupňování a výhodám okamžitého použití. Datové nosiče mají z hlediska doby přístupu nebo manipulace s nimi a samozřejmě jejich spotřeby energie různé vlastnosti. Se spotřebou energie se přímo úměrně pojí provozní náklady a emise skleníkových plynů. Vyšší spotřeba energie obvykle bude znamenat vyšší náklady a emise, nižší spotřeba naopak náklady a negativní dopady emisí sníží, může však vyžadovat vhodnou koncepci strukturování dat a záloh, aby bylo možné použít odpovídající typy datových nosičů, např. nosiče se sekvenčním přístupem.

Standardy ESRS a postavení DMP v reportování

V této části uvedeme, jakým způsobem popisovat energetické a emisní parametry. Z důvodu řízení a zveřejňování rizik souvisejících s klimatem, kdy tato rizika jsou svým způsobem globálního charakteru (ovšem pro archívy jsou zcela konkrétní jako např. rizika povodní nebo sucha a požáru, resp. nedostatku vody k chlazení), schválil Evropský parlament v roce 2023 zmíněnou směrnici CSRD. Ačkoli se tento tzv. nefinanční reporting bude v příštích letech postupně týkat velkých korporací a podniků kotovaných na burze a nemusí přímo dopadat na archívy a kulturní instituce, zavádí jednotné Evropské standardy reportování udržitelnosti (ESRS) (Evropská komise, 2023) a tyto se potom jinými mechanismy (jako podmínky programů financování, sektorový reporting nebo návaznosti v dodavatelských řetězcích služeb) mohou týkat i dalších organizací. ESRS

6 Blogové příspěvky zmiňující další zdroje, konferenční příspěvky aj. soustřeďuje Digital Preservation Coalition na stránce Environmentally Sustainable Digital Preservation: <https://www.dpconline.org/digipres/discover-good-practice/environmentally-sustainable-digital-preservation>.

jsou koordinovány s mezinárodními organizacemi⁷, takže se obdobným způsobem reportování setkáme i ve Velké Británii a USA. Ačkoli se běžně setkáváme s obchodními přístupy, které nás vedou k tomu, abychom nepřemýšleli, kde a jak jsou data uložena, principy ESRS související s udržitelností staví na základě tzv. dvojí materiality, která má dva vzájemně propojené rozměry: materialitu dopadu, tedy skutečné a potenciální dopady na lidi nebo životní prostředí, a finanční materialitu.

ESRS tedy mají tři základní témata – environmentální (E), společenské (S) a správa a řízení (G), již dříve známé pod zkratkou ESG. Ve všech jsou potom rozlišovány tři vrstvy reportování – sektorově nezávislé, sektorově specifické a specifické pro entitu. Ty se dále vyhodnocují ve třech oblastech: strategie, implementace a měření výkonu – přitom v druhé a třetí se mohou objevit cíle a metriky, tzn. vyčíslení skutečnosti. Provozu datových úložišť se tedy týkají zejména environmentální standardy ESRS E1: Změna klimatu, ESRS E2: Znečištění, ESRS E3: Vodní a mořské zdroje, ESRS E4: Biologická rozmanitost a ekosystémy nebo ESRS E5: Využívání zdrojů a oběhové hospodářství. E1 zahrnuje provozní energie a emise skleníkových plynů, ostatní se týkají např. vody k chlazení a staveb datacenter, které může provázet zábor orné či jiné půdy snižující biodiverzitu apod.

Podrobnější pohled na standard E1 ukazuje, že součástí reportování jsou E1-1: Tranziční plán pro zmírnění změny klimatu, s ním související E1-2: Politiky týkající se zmírňování změny klimatu a adaptační strategie, E1-3: Akční plány a zdroje a E1-4: Cíle snížení emisí skleníkových plynů. Vlastní reportování skutečného stavu je v částech E1-5: Spotřeba energie a energetický mix a E1-6: Hrubé emise skleníkových plynů. Za pozornost také stojí ESRS S3: Dotčené komunity, protože se může týkat dopadu uložených dat na cílové komunity, které je využívají např. jako znalosti zlepšující jejich postavení, nebo dopady negativní, kdy využívání dat zasahuje do jejich práv, způsobuje diskriminaci apod. V každém případě platí princip materiality, tedy skutečných a měřitelných dopadů prostřednictvím nějakého způsobu využití dat, v kulturní oblasti zpřístupněním apod.

Data o udržitelnosti, tedy především o energetické spotřebě chlazení, elektrické spotřebě digitálních systémů a emisích oxidu uhličitého z této spotřeby, mohou mít různou kvalitu a spolehlivost. Ačkoli nejlépe spotřebu určíme měřením, tedy např. odečtem elektroměru příslušejícího serverovně, ne vždy lze tímto způsobem postupovat, zejména ve fázi návrhu a plánování. Spotřeba je také závislá na aktuální výpočetní zátěži a datových přenosech. Rozlišujeme:

- přesná data získaná měřením
- průmyslové průměry
- neverifikovaný vstup uživatele/správce

Postupně se zvyšuje obecná dostupnost dat o udržitelnosti, jejich kvalita a standardizace. Je zřejmé, že plány správy dat samy nezajistí kompletní reportování, ale mohou sloužit jako zdroje údajů pro některé z oblastí a témat do kompletní zprávy za organizaci. Jednotlivé DMP tedy mohou popisovat jednotlivé fondy nebo datové infrastruktury, které mohou využívat různé způsoby uchovávání, a organizace z nich potom sestaví celkový report.

⁷ International Sustainability Standards Board (ISSB) <https://www.ifrs.org/groups/international-sustainability-standards-board> a Global Reporting Initiative (GRI) <https://www.globalreporting.org/>.

Emise skleníkových plynů se skládají ze tří okruhů, viz tabulka 1:

(Okruh) Scope 1 se týká přímých emisí produkovaných společností při spalování paliv	Zde se mohou ocitnout emise z vytápění depozitáře, příp. chlazení (pokud je k němu použito spalování paliv) a emise z paliva záložních generátorů energie pro datacentra. Dieslové generátory jsou obvyklou součástí provozních technologií, a i když nepokrývají výpadek, spotřebovávají palivo pro průběžné testy. ⁸ Patří sem i palivo spotřebované dopravou datových nosičů nebo sbírkových předmětů mezi depozitáři a digitalizačními pracovišti.
(Okruh) Scope 2 zahrnuje nepřímé emise z nakoupené nebo získané energie	Zde je většina provozních emisí, které se pojí se spotřebou elektrické energie a její emisní intenzitou v místně daném energetickém mixu. ⁹
(Okruh) Scope 3 zahrnuje všechny ostatní nepřímé emise v hodnotovém řetězci (Corporate Value Chain)	Zde jsou především emise výroby nakoupených produktů a zařízení nebo emise nakoupených služeb. U datových infrastruktur to jsou servery, datová úložiště, datové nosiče aj. Ty se zařazují jako emise předcházející použití, vyčíslit je nutné i následné emise, např. v likvidaci na konci životnosti výrobků, při přepravě apod. U nakoupených služeb jsou to emise využívaných cloudových aj. smluvních služeb ukládání dat.

Tab. 1 Okruhy reportování emisí skleníkových plynů standardu ESRS E1-6

Příklad výpočtu roční spotřeby a emisí typických zařízení a nosičů pro uchovávání dat

Než se dostaneme ke konkrétním údajům, je třeba mít na paměti, že záleží na zvolené koncepci uchovávání, volbě uživatelských a archivních formátů, nosičích zvolených pro uchovávání jednotlivých záloh a požadovaných datových přenosech. Obvykle se pro eliminaci rizik poškození integrity uchovávají tři kopie dat, resp. dodržuje se pravidlo 3–2–1, které je připisováno fotografu Peteru Kroghovi (2005):

- Uchovají se tři kopie dat, obvykle jedna pracovní a dvě záložní kopie.
- Kopie se ukládají do dvou různých typů úložišť (používajících odlišnou technologii záznamu). Pro pracovní kopii, k níž se často přistupuje a může se často měnit, se obvykle používá technologie s rychlým náhodným přístupem a dostupností po síti, např. diskové úložiště. Jinou technologií je např. uložení na páskové nosiče otevřeného standardu LTO (*Linear Tape Open*). Pásky jsou však stejně jako pevné disky založeny na elektromagnetickém záznamu, takže jsou náchylné ke stejným rizikům, jako poškození dat elektromagnetickými rázy. Další odlišnou technologií tak může být záznam na optické disky.

8 Pro sadu generátorů 1MW datacentra uvádí např. EcoDataCenter 100 litrů dieselu každý měsíc (<https://ecodatacenter.tech/sustainability-data-center/open-source-climate-report>), což odpovídá hodině provozu na jmenovitý výkon instalovaných zařízení. U větších to mohou být proporcionálně tisíce litrů.

9 Jelikož zprávy o energetických zdrojích v ČR, které vydává Energetický regulační úřad, neobsahují emisní údaje, je jako zdroj použit pro účely tohoto textu kalkulátor Electricity Maps (2016–2024).

→ Je zajištěno, aby jedna kopie byla uložena na místě mimo hlavní pracoviště, tedy fyzicky vzdáleně od ostatních dvou kopií, nejlépe offline, nedostupná prostřednictvím síťového přístupu. U archivů se podobné pravidlo používá u depozitářů, takže větší organizace takový fyzicky vzdálený depozitář mají nebo mohou využívat smluvní depozit u jiné organizace. Offline lze uložit i pevné disky (*hard disc drive*, HDD) a využívat jejich rychlého zápisu i čtení dat, ovšem nelze takto skladovat disky s polovodičovou technologií (*solid state drive*, SSD), které k uchování informace vyžadují periodické přepisování záznamových buněk. Jednu kopii lze také uložit prostřednictvím cloudových služeb. U běžných cloudových služeb však nelze očekávat, že tím je plně zajištěna neměnnost dat včetně tří záložních kopií, k tomu je nutná služba zaručeného dlouhodobého archivu.

Z těchto pravidel a volby technologie záznamu vyplývají důsledky pro ekonomickou a energetickou náročnost uchovávání. Jak uvidíme dále, online disková úložiště mají vyšší spotřebu než offline uložené nosiče. Volba dvou kopií na diskových úložištích a jedné kopie na úložištích páskových tak bude mít jiné parametry než volba jedné kopie online a dvou na páskách. Tyto varianty však budou mít jiné parametry z hlediska obnovy dat, jelikož v případě poruchy primárního úložiště je vhodnější, aby byla další kopie okamžitě dostupná. Další, co je třeba při návrhu uvážit, je, že u určitého typu dat, často právě u digitalizovaných archivů, je nutná dostupnost pouze menší uživatelské kopie digitálního objektu, kdežto přístup k master kopii plné kvality v archivním formátu je mnohem méně častý. Pro *master data* k existující fyzické předloze tak může zcela vyhovovat uložení dvou kopií na sekvenčních médiích offline; disková pole pak nesou pouze uživatelské kopie nižší kvality pro okamžité použití v katalogových a jiných informačních systémech.

V DMP je proto potřeba vycházet z charakteru dat a jejich využívání v daném případě. Např. u digitálního filmového archivu mohou být prostřednictvím katalogu nebo VOD portálu (*video on demand*) online dostupné kopie v náhledovém formátu MP4 objemu 1–8 GB. Pro televizní a kinodistribuci jsou to kopie ve formátu DCP o objemu 150–300 GB, které však jsou distribuovány každá pouze v jednotkách případů ročně, a to s dostatečným předstihem před uvedením. Lze dokonce očekávat, že pouze určitá část filmů je žádána často, tedy několikrát ročně, a většina bude kopírována z archivu pouze jednou za několik let. Uložení kopií DCP (*digital cinema package*, digitální filmová distribuční kopie) tak lze koncipovat částečně online a větší část dat může zajišťovat pásková knihovna, kde nějakou dobu trvá vystavení pásky a posun pásky na místo uložení, případně i ruční založení pásky z elektromagneticky a požárně stíněného trezoru. Nejvyšší archivní kvalita dat (tzv. archivní master), jsou potom jednotlivá filmová okénka ve formátu DPX o objemu řádově několika TB, vzniklá digitalizací filmových pásek nebo při restaurování. Ta není sama o sobě použitelná pro prohlížení a není k ní běžně přístupováno (krom případů vytvoření jiné distribuční kopie, teoreticky při změně technologie nebo jiné verze filmu jednou za několik let).

Velké objemy dat bývají realizovány systémy hierarchické správy uložení (*hierarchical storage management*, HSM), které využívají na nejrychlejší vrstvě SSD pole pro příjem dat a operace s nimi, např. v případě filmu střih a postprodukce, na střední vrstvě disková pole HDD větší kapacity pro uložení online dat a na dlouhodobé vrstvě páskové knihovny s pomalejším přístupem pro největší objemy málo používaných dat. Takový systém požadavky na přístup sám vyhodnocuje a data automaticky mezi vrstvami přesouvá.

Nelze však pominout, že se způsobem uložení dat se pojí přístup k nim a na charakteru přístupu je závislá energetická náročnost. Část dat je obvykle součástí online katalogů a portálů pro vyhledávání a zpřístupnění. Tyto aplikace jsou provozovány tzv. aplikačními servery s převahou spotřeby výpočetní zátěží. Zátěž generovaná takovým přístupem bude dosahovat špičkových hodnot během dne, datové přenosy do záloh zase váží spotřebu v nočních intervalech.

V tabulce 2 je příklad stanovení spotřeby a emisní zátěže pro některá zařízení. zjistíme-li spotřebu měřením, je možné určit ji podle údajů výrobce pro typickou zátěž. Pro emise výroby je třeba údaj výrobce, bude záležet na emisní intenzitě sítě v místě výroby, případně se použije údaj pro obdobné zařízení vyrobené ve stejné době. Odhady emisí výroby získané přepočtením fixním koeficientem násobeným vahou nebo cenou zařízení nelze doporučit.

Zařízení	Parametry	Příkon typický	Roční spotřeba / Ekvivalent CO ₂	Emise výroby a likvidace
Aplikační server 2 HDD	8 jader CPU 64GB RAM	200 W	1770 kWh / 1020 kg	1200 kg
Úložiště 2U bez HDD	4 jádra CPU, 8GB RAM	55 W	480 kWh / 280 kg	1100 kg
NAS HDD	7200 ot/s	Viz tab. 3	45–70 kWh / 26–40 kg	26–34 kg

Tab. 2 Spotřeba energie a emise skleníkových plynů typických zařízení pro uchovávání a zpřístupnění digitálních archivních objektů. Použit ekvivalent CO₂ pro energetický mix ČR 576 g/kWh podle Electricity Maps (2016–2024). Emise výroby podle datasetu asociace Boavizta (Lorenzini, 2021). Údaje nezahrnují spotřebu síťových prvků, chlazení a dalšího vybavení data-centra a emise jeho stavby.

Provedeme-li celkový ilustrační výpočet pro jedno síťové úložiště osazené 12 HDD spolu s aplikačním serverem (dle tabulky 2), pak v délce životního cyklu 5 let a navíc se započítáním účinnosti datacentra PUE 1,2 spotřebuje tento funkční celek 17,5 MWh při typickém provozu a vyprodukuje 10 tun CO₂ v energetickém mixu ČR a 2,6 tuny při výrobě a likvidaci. Ekvivalentem pro zachycení takového množství CO₂ z atmosféry je přepočtem podle EPA (2024) funkce 4,3 hektaru zdravého vzrostlého lesa.

Úložný nosič	Kapacita	Orientační náklady	Spotřeba nosiče pohotovostní / typická	Migrace
LTO-9	18 TB	2300–3100 Kč	0 W	8–16 let
LTO-8	12 TB	1300–1600 Kč	0 W	
LTO-7	6 TB	900–1200 Kč	0 W	
NAS HDD	18 TB	5900–9700 Kč	0,9–1.25 / 6–9,5 W	5–8 let
NAS HDD	12 TB	5200–7500 Kč	0,6–1 / 6–8 W	
NAS HDD	6 TB	3300–4500 Kč	0,4–1 / 7–9 W	

Tab. 3 Srovnání úložných nosičů LTO a HDD. Orientační ceny z průzkumu trhu na konci r. 2023 jsou uvedeny bez daně a liší se dle výrobce, rovněž tak spotřeba HDD. Spotřeba při užití a periodických kontrolách pásek LTO je závislá na celkové koncepci uchovávání a není zde vyčíslena.

Ačkoli je životnost pásky LTO při dodržení vhodných podmínek skladování udávána 30 let, je třeba brát v úvahu dostupnost a životnost čtecích zařízení. Ta jsou založena na mechanických částech citlivých na přesnost pohybu a na elektronických součástkách.

Tomu odpovídá i jejich životnost a potřeba údržby. Můžeme ji shodně s HDD, jež pracují rovněž s jemnými mechanicky pohyblivými částmi a elektronikou, odhadnout na osm let. Současné generace zařízení LTO dokáží přečíst pouze jednu generaci pásek zpětně, tedy LTO-9 přečte kromě pásek LTO-9 pouze LTO-8 a dřívější generace již nikoli. Při nákupu nejnovější generace by tak nejpozději po osmi letech mělo dojít k nákupu další generace, která umožní migraci pásek z předchozí generace ještě po dobu své životnosti. Ačkoli životnost zařízení může být reálně delší, nelze se na to spolehnout a počítat s tím v DMP může znamenat nutnost využití sekundárního trhu použitých zařízení. V roce 2023 se do této fáze dostupnosti dostala generace LTO-6 (kapacita 2,5 TB), uvedená na konci roku 2012. To odpovídá dostupnosti na primárním trhu 10 let. Nicméně pro menší nebo komunitní archivy lze počítat s využíváním starších generací pásek a zařízení o jednu nebo dvě generace později, než je nejnovější dostupná, a snížit tak náklady na ně na polovinu i méně, pokud postačí tomu odpovídající nižší kapacity.

Jak bylo předesláno v úvodu této kapitoly, hovoříme-li o třech kopiích dat pro dlouhodobé uchování, není vždy nutné ani běžné, že všechny kopie máme okamžitě k dispozici. Disková pole s okamžitým přístupem mají značnou a neustálou provozní spotřebu, která je ještě zvyšována redundantní použitou pro bitovou ochranu. U offline nosičů jako jsou pásky a páskové knihovny bude spotřeba záležet především na množství čtených a zapisovaných dat a je tedy dána koncepcí záloh, kontrol integrity a migrací.

Uhlíkové offsety a cloudové služby

Offsety pro kompenzaci uhlíku se rozumí zachycení, absorpce nebo snížení emisí skleníkových plynů jinde než v místě spotřeby energie. Pro dosažení dekarbonizačních cílů je snaha emise kompenzovat, což se obvykle provádí nákupem uhlíkových kreditů od třetí strany, která investuje do činností odstraňování uhlíku nebo sama zajistí opatření jako je výsadba stromů nebo zachycování jiným způsobem. To je z několika důvodů problematické. Jedním z těchto důvodů je to, že k emisím spotřeby dojde tak jako tak, fakticky se tím emise nesníží. Dalším je finanční náročnost takové kompenzace, kdy se cena uhlíkových kreditů zvyšuje a do r. 2030 může vzrůst několikanásobně. Efektivita nebo vůbec prokazatelnost offsetů jako přenosu na jiné subjekty je také sporná. Např. UKRI, která si stanovila jako cíl uhlíkové neutrality rok 2040, v současné době nepodporuje kompenzaci uhlíku jako způsob snižování emisí (UKRI, 2023). ESRS také neumožňují započítávání emisí skleníkových plynů a cílů snižování emisí skleníkových plynů prostřednictvím odstraňování skleníkových plynů z atmosféry a uhlíkovými kredity.

Kompenzacemi a offsety také dosahují proklamovaných dekarbonizačních cílů korporátní poskytovatelé cloudových služeb. I když ve své obchodní komunikaci na základě toho mohou uvádět uhlíkovou neutralitu, týká se často pouze části působnosti, např. jen vlastních kanceláří nebo účetní kompenzace a skutečnost je jiná (Wang, Nian, Campana, Jurasz, Li, et al., 2022). Pro reportování podle ESRS reklamní tvrzení nelze použít a EU postupuje i v regulaci, která podobně konstruovaná tvrzení o udržitelnosti nebude v Evropském hospodářském prostoru umožňovat. Přitom uložení dat v cloudových službách se reportuje jako součást ESRS E1-6 Scope 3 a reálné údaje je tedy potřeba znát. Například korporace Microsoft nabízí uhlíkovou kalkulačku (Microsoft, 2024), která umožňuje zjistit současnou a plánovanou stopu systému na jejich platformách. Korporace Google zveřejnila svůj nástroj *Carbon Free Energy Percentage* (CFE%), který uvádí průměrné hodinové procento bezemisní energie pro většinu svých regionů

Google Cloud (Google, 2024). Emisní intenzita silně závisí na konkrétní lokalitě, kde je zakoupená služba provozována, např. pro svůj region europe-north1 (Finsko) Google uvádí 112 gCO₂/kWh, zatímco pro europe-central2 (Varšava) je to 738 gCO₂/kWh, což je značný rozdíl. To ovšem neřeší emise z výroby, ty je nutné odhadnout podle údajů pro obdobná zařízení podle parametrů virtualizovaných služeb. Směrnice CSRD bude znamenat, že korporátní poskytovatelé budou postupně sami za sebe i pro svoje zákazníky uvádět další podrobnější údaje a environmentální dopady.

Závěrem

O energetické spotřebě digitálních technologií máme poměrně nepřesné údaje. Jak bylo popsáno v úvodní kapitole, i odborné recenzované texty vycházejí z několik let starých údajů a v odhadech se značně liší. Ještě větší otázky vzbuzují projekce do budoucna a údaje o environmentálních dopadech datových center. K faktoru efektivity využití energie PUE se u datacenter nově přidává faktor efektivity využití vody (*water usage efficiency*, WUE), který vyjadřuje množství vody pro chlazení a zvlhčování na spotřebovanou kilowatthodinu energie. Standardy ESRS tak rozšíří naše znalosti, jak environmentální reportování provádět a přinesou efektivní zdroj dat přístupných z jednoho bodu.

Cloudové a platformní obchodní modely tlačí na růst velkých tzv. *hyperscale datacenter*, která zvýšila efektivitu využití energie rozsáhlými optimalizacemi. To ovšem nepokrývá meziroční nárůsty jejich spotřeby, ani většinou nevyužívají odpadní teplo. Menší datacentra mohou integrovat systémy chlazení s tepelnými čerpadly pro vytápění rezidenčních budov, skleníků nebo jiných provozů. Některé zelené certifikace datacenter i stavební regulace toto využití tepla přímo vyžadují. Obnovitelná energie je také lépe dostupná lokálně a pouze v některých časech. Emisní intenzita i faktor PUE, spolu se spotovou hodinovou cenou energie¹⁰ tak v průběhu dne kolísají a tomu se může přizpůsobovat zátěž. Lze např. rozlišovat druhy zpracování dat od prioritních odbavovaných okamžitě až po dávky zpracovávané při dostupnosti levné obnovitelné energie. Tyto poněkud protichůdné tendence budou s velkou pravděpodobností pokračovat paralelně, tedy bude docházet k dalšímu růstu velkých datacenter a zároveň bude nastupovat trend regionální decentralizované infrastruktury, kterou clusterové technologie umožňují díky pokročilé správě virtualizace a softwarově definovaným úložištím. Velké projekty datacenter vzhledem ke vzrůstajícím regulacím v rozvinuté městské zástavbě a ochraně zemědělské půdy lze očekávat spíše v rozvojových oblastech. I vzhledem k obchodním modelům, z nichž v místním prostředí často nevzniká ekonomický přínos, bude v rozvinutých zemích spíše zájem na obratu ku prospěchu celého řetězce zúčastněných komunit a technologických aktérů na principu cirkulární ekonomiky, k čemuž směřuje i strategie EU.

Na dokreslení kontextu lze dodat, že sektor ICT bývá považován za klíčový pro dekarbonizaci jiných sektorů, jako je doprava, výrobní průmysl nebo právě energetické smart-grids, jelikož umožňuje shromažďovat data a vytvářet digitální znalosti. Udržitelnost je vícerozměrný koncept, který kromě environmentálních zahrnuje ekonomické, sociokulturní a sociální aspekty a z nich vycházející konsenzuální celospolečenské multisektorové politiky, pro jejichž úspěšnost je však potřebné zapojení rovněž vzdělanosti kulturní a humanitní.

10 Spotová, plovoucí cena, mění se každou hodinu podle dostupnosti energie a její ceny na burze.

Literatura:

BIESER, Jan C.T.; HINTEMANN, Ralph; HILTY, Lorenz M.; BEUCKER, Severin, 2023. *A review of assessments of the greenhouse gas footprint and abatement potential of information and communication technology*. *Environmental Impact Assessment Review*, roč. 99, Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.107033> [cit. 2024-01-15].

DATA STEWARDSHIP WIZARD, 2018–2024. *Data Stewardship Wizard*. Online. Dostupné z: <https://ds-wizard.org/> [cit. 2024-01-15].

DIGITAL CURATION CENTRE, 2010–2024. *DMPOnline*. Online. Dostupné z: <https://dmponline.dcc.ac.uk/> [cit. 2024-01-15].

DIGITAL CURATION CENTRE, 2013. *Checklist for a Data Management Plan v.4.0*. Edinburgh: Digital Curation Centre. Online. Dostupné z: <https://www.dcc.ac.uk/DMPs/checklist> [cit. 2024-01-15].

ELECTRICITY MAPS, 2016–2024. *Electricity Maps*. Online. Dostupné z: <https://app.electricitymaps.com/zone/CZ?lang=cs> [cit. 2024-1-30].

EUROPEAN COMMISSION. Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology; Montevecchi, F.; Stickler, T.; Hintemann, R. et al., 2020. *Energy-efficient cloud computing technologies and policies for an eco-friendly cloud market: final study report*. Publications Office. Online. Dostupné z: <https://data.europa.eu/doi/10.2759/3320> [cit. 2024-01-15].

EUROPEAN COMMISSION, Directorate-General for Digital Services, 2022. *European Commission Digital Strategy*. Publications Office. Online. Dostupné z: https://commission.europa.eu/publications/european-commission-digital-strategy_en [cit. 2024-01-15].

EVROPSKÁ KOMISE, 2023. *Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2023/2772 ze dne 31. července 2023, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2013/34/EU, pokud jde o standardy pro podávání zpráv o udržitelnosti*. EUR-Lex. Online. Dostupné z: http://data.europa.eu/eli/reg_del/2023/2772/oj [cit. 2024-01-15].

EVROPSKÝ PARLAMENT, 2022. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2022/2464*. EUR-Lex. Online. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj> [cit. 2024-01-15].

GOOGLE, 2024. *Carbon free energy for Google Cloud regions*. Online. Dostupné z: <https://cloud.google.com/sustainability/region-carbon> [cit. 2024-1-31].

HINTEMANN, Ralph, 2020. *Data centers 2018. Efficiency gains are not enough: Data center energy consumption continues to rise significantly – Cloud computing boosts growth*. Borderstep. Online. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26033.40800> [cit. 2024-01-15].

JUCKES, M.; BANE, M.; BULPETT, J.; CARTMELL, K.; MACFARLANE, M. et al., 2023. *Sustainability in Digital Research Infrastructure: UKRI Net Zero DRI Scoping Project final technical report*. Zenodo. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8199984> [cit. 2024-01-15].

KROGH, Peter, 2005. *The DAM Book: Digital Asset Management for Photographers*. O'Reilly Media, Inc. ISBN 9780596100186.

LORENZINI, Romain, 2021. *Digital & environment: How to evaluate server manufacturing footprint, beyond greenhouse gas emissions?* Boavizta. Online. Dostupné z: <https://boavizta.org/en/blog/empreinte-de-la-fabrication-d-un-serveur> [cit. 2024-1-30].

MASANET, Eric et al., 2020. Recalibrating global data center energy-use estimates. Online. *Science*, č. 367(6481), s. 984–986. ISSN 1095-9203. Dostupné z: DOI:10.1126/science.aba3758. [cit. 2024-01-15].

MICROSOFT, 2024. *Calculating My Carbon Footprint*. Online. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/en-gb/sustainability/emissions-impact-dashboard> [cit. 2024-1-31].

MYTTON, David a ASHTINE, Masao, 2022. *Sources of data center energy estimates: A comprehensive review*. *Joule*, č. 6, s. 2032–2056. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.07.011> [cit. 2024-01-15].

UK RESEARCH AND INNOVATION, 2023. *UKRI position statement on carbon offsetting*. Online. Dostupné z: <https://www.ukri.org/who-we-are/policies-standards-and-data/corporate-policies-and-standards/environmental-sustainability/ukri-position-statement-on-carbon-offsetting/> [cit. 2024-01-30].

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2024. *Greenhouse Gases Equivalencies Calculator – Calculations and References*. Online. Dostupné z: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references> [cit. 2024-1-31].

WANG, Fu; NIAN, Victor; CAMPANA, Pietro E.; JURASZ, Jakub; LI, Hailong, et al., 2022. *Do 'green' data centres really have zero CO2 emissions?* *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, roč. 53. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102769> [cit. 2024-01-30].

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Vysvětlení
DMP	Data management plan (plán správy dat)
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive (evropská směrnice o nefinančním reportování, zavádí povinnost firem a institucí zveřejňovat informace o svém vztahu k životnímu prostředí, sociální oblasti a o řízení firmy)
UKRI	UK Research and Innovation (britská organizace zaměřená na podporu výzkumu a inovací)
DRI	Digital Research Infrastructure (digitální výzkumná infrastruktura)
STFC	Science and Technology Facilities Council (britská vládní agentura působící v oblasti vědeckého výzkumu)
PUE	Power Usage Effectiveness (účinnost využití energie, indikátor efektivity datových center)
DCC	Digital Curation Centre (britské centrum zřízené za účelem řešení problémů digitálního uchovávání a digitálního kurátorství)
ESRS	European Sustainability Reporting Standards (Evropské standardy reportování udržitelnosti)
LTO	Linear Tape Open (technologie užívaná pro záznam dat na magnetické pásky)
HDD	Hard disc drive (pevný disk)
SSD	Solid-state drive („polovodičový“ disk, zařízení pro čistě elektronické ukládání dat)
VOD	Video on demand (video na vyžádání)
DCP	Digital Cinema Package (balíček digitálních souborů používaných k ukládání a přenosu digitálního kina, zvuku, obrazu a datových toků)
HSM	Hierarchical Storage Management (hierarchická správa úložiště, technika ukládání dat a správy dat, která automaticky přesouvá data mezi vysoce nákladnými a levnými úložnými médii)
CFE%	Carbon Free Energy Percentage (metrika zjišťování podílu bezuhlíkové („čisté“) energie v celkové spotřebě energie, průměrné procento bezuhlíkové energie spotřebované v konkrétním místě za hodinu)
WUE	Water Usage Effectiveness (efektivita využití vody, metrika pro měření množství vody používané datovými centry k chlazení, zvlhčování atd. na spotřebovanou kilowatthodinu energie)

KLODNER, Michal. Udržitelnost a plány správy dat v digitálních sbírkách a archivech. *Knihovna: knihovnická revue*. 2024, roč. 35, č. 1, s. 22–36. ISSN 1801-3252.