

Bezpečnost provozu technických zařízení pro úpravu bazénové vody – zahraniční zkušenosti

David Křivánek^{a,b}, Luboš Kotek^a, Petr Trávníček^c, David Marek^b

^a Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Odbor výrobních systémů a virtuální reality, Technická 2896/2, 616 69 Brno

^b Krajská hygienická stanice Jihomoravského kraje se sídlem v Brně, Jeřábkova 4, Brno

^c Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Email: 254416@vutbr.cz

Abstrakt

Údaje ze Spojených států amerických, shromážděné Centrem pro kontrolu a prevenci nemocí (CDC)^{1,2)} uvádějí, že v letech 2015–2017 vedla zranění způsobená bazénovými chemikáliemi k odhadovaným 13 508 návštěvám pohotovostních oddělení v USA, přičemž přibližně třetina se týkala osob mladších 18 let. Ročně se tedy jedná v průměru o více než 4 500 případů. Důvodem návštěvy lékaře byla u většiny nefatálních událostí expozice chemickým látkám, které se při údržbě bazénové vody používají. Počet událostí se smrtelnými následky byl o několik řádů nižší. Tento problém si zaslouží pozornost, protože i když většina incidentů není smrtelná, zranění mohou mít závažné zdravotní dopady, včetně dětí. Cílem příspěvku je především získat poučení z mimořádných událostí, ke kterým došlo na veřejných bazénech. To předpokládá identifikaci událostí s potenciálem poučení. Dále identifikaci bezprostředních i kořenových příčin těchto událostí a to s úmyslem pochopit, jaká konkrétní selhání – ať už lidská, technická, nebo systémová – vedou k těmto událostem. Nedílnou součástí příspěvku je také shrnutí doporučení pro provozovatele těchto zařízení, která z havárií vzešla.

1. Úvod

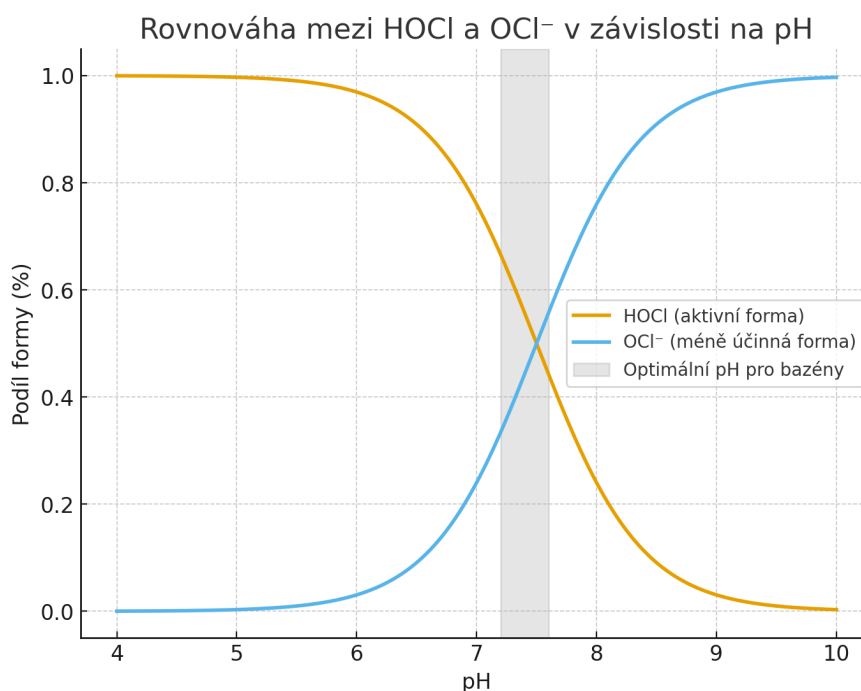
Používané profesionální bazénové technologie se neustále vyvíjejí. I přes tento rychlý vývoj a zdokonalování technologií je i v dnešní době významný lidský činitel při nakládání s chemickými látkami, které pomáhají udržovat kvalitu vody tak, aby byla voda čistá a zdravotně nezávadná. Ve starších provozech se zastaralým vybavením je vysoký zejména význam lidského činitele. Pro možnou orientaci nyní alespoň krátce k základům chemické úpravy vody, přestože kvalitní mechanická úprava jakožto první linie čištění bazénových vod je pro správnou celkovou funkci procesu čištění také nezbytná.

Hlavní nebezpečí při provozu bazénových technologií spočívá v manipulaci s chemickými látkami. Především se jedná o činnosti spojené s dávkováním chemických látek. Ideální hodnota pH bazénové vody by se měla pohybovat v rozmezí 7,2–7,6. V tomto rozmezí se kombinuje nejvyšší dezinfekční účinek chloru a zachování neagresivnosti pro používané vybavení, ale i pro pokožku návštěvníků. Při vyšším pH chlor svoji účinnost ztrácí. Pro jeho úpravu se používá např. hydroxid sodný, kyselina sírová, či kyselina chlorovodíková. Za účelem redukce patogenních mikroorganismů se používají dezinfekční přípravky. Jedná se například o plynný chlor, chlornan sodný, chlordioxid, organický chlor, ozon, brom, jod,

preparáty na bázi iontů mědi a stříbra a také peroxidy). Dále se v technologii čištění používají srážecí látky (tzv. koagulanty) převážně na bázi hliníkových nebo železitých solí jako např. síran hlinitý $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, aluminiumhydroxychlorid PAC, nebo chlorid železitý FeCl_3 . Případně v podobě organických vysokomolekulárních polymerů (polyakrylamid – PAA) ³⁾ nebo různých algicidních přípravků.

Chlor (Cl_2) je dráždivý plyn, jehož toxicita pro člověka závisí na koncentraci a délce expozice, na pohlaví, náchylnosti v důsledku základního onemocnění plic, či na tom, zda se jedná o kuřáky. Akutní zdravotní následky sahají od podráždění spojivek a horních dýchacích cest až po akutní poškození plic, které může vést k plicní obstrukci, syndromu reaktivní dysfunkce dýchacích cest, syndromu akutní respirační tísně a v některých případech i k úmrtí ⁴⁾

Proces chlorace bazénové vody zahrnuje přidání plynného chloru (Cl_2) nebo dezinfekčních prostředků na bázi chloru, které reagují s vodou za vzniku směsi chloru, kyseliny chlorné (HClO) a kyseliny chlorovodíkové (HCl) v poměru závislém na aktuálním pH vody ($\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{HCl}$). Rozkladem kyseliny chlorné za působení organického materiálu, amoniaku a světla, vzniká méně účinný chloridový iont (OCl^-). Žádoucím výsledkem je dostatečná přítomnost kyseliny chlorné HClO , která má oxidační vlastnosti silnější jak chlor a tvoří aktivní složku v procesu inaktivace mikroorganismů nebo redukci tvorby řas. Optimální hodnota volného chloru (součet HOCl a OCl^-) je v rozmezí 0,3–0,6 mg/l. Rostoucí pH společně s teplotou vody a dalšími faktory mění poměr reakce HOCl a OCl^- . ⁵⁾



Obr. č. 1: Rovnováha mezi HOCl a OCl^- v závislosti na pH

Výhodou použití chlorace oproti jiným způsobům čištění je relativně nižší cena a delší účinek. Na rozdíl od UV či ozonu rovněž zůstává aktivní ve vodě a chrání i během používání bazénu.

Nevýhodou chlorace je poté nedostatečné narušení biofilmů či působení na některé rezistentní mikroorganismy (sporulující bakterie, viry) ⁶⁾. V biofilmech se nachází většina mikrobiální

biomasy ve vodních systémech. Pro narušení biofilmů se mohou využít jiné chemické látky jako například jako chlórdioxydy.

Technologie čištění s využitím plynného chloru je běžně využívána, přestože v dnešní době jsou k dezinfekci vod, čím dál více používané přípravky na bázi chlornanů jako např. zmíněný chlornan sodný.

Při používání dezinfekce na bázi chlornanů dochází ke zvyšování pH vody, proto bývá tato technologie doplněna současně dávkováním např. kyseliny sírové, která udržuje pH vody kolem hodnoty 7. Dávkování chemických látek do bazénů je již v dnešní době zajišťováno automaticky pomocí dávkovacích čerpadel, která umožňují nastavení dávkování dezinfekčního prostředku i prostředku pro úpravu pH s velkou přesností a automatickým záznamem. Pro základní představu, jak které chemické látky vodu ovlivňují, je přiložena stručná tabulka.

Tab. č. 1: Vliv vybraných chemických látek na pH

Chemikálie	Vzorec	Vliv na pH	Poznámka
Hydroxid sodný	NaOH	Zvyšuje výrazně	Silně zásaditý
Uhličitan sodný	Na ₂ CO ₃	Zvyšuje	Zvyšuje i alkalitu
Hydrogenuhlíčan sodný	NaHCO ₃	Mírně zvyšuje	Zvyšuje hlavně alkalitu, pH jen mírně, pro stabilizaci pH
Kyselina sírová	H ₂ SO ₄	Snižuje výrazně	Nebezpečná, zvyšuje sírany
Kyselina chlorovodíková	HCl	Snižuje výrazně	Rychlá úprava pH
Síran sodný / hydrogensíran	NaHSO ₄	Snižuje	Prášková forma, bezpečnější na manipulaci než HCl

Pro představu o objemech dávkovaných látek⁷⁾⁸⁾ je přiložena tabulka pro ovlivnění pH o 0,1 na m³. Množství ovlivňuje řada faktorů, pro jednoduchost je řešena pouze aktuální alkalita vody, běžná bazénová voda se pohybuje kolem 80 mg/L.

Tab. č. 2: Úprava pH vybranými chemickými látkami pro 1m³ při různé alkalitě vody

Úprava	Látka	Alk. 60 mg/L	Alk. 80 mg/L	Alk. 120 mg/L
Snížení pH (-0,1)	Kyselina chlorovodíková (HCl 31 %)	~2,6 mL	~3,4 mL	~5,1 mL
	Síran sodný	~3,0 g	~4,0 g	~6,0 g

Úprava	Látka	Alk. 60 mg/L	Alk. 80 mg/L	Alk. 120 mg/L
	(NaHSO ₄ , granule)			
	H ₂ SO ₄ 37 % (kyselina sírová)	~2,2 mL	~2,9 mL	~4,0 mL
Zvýšení pH (+0,1)	Uhličitan sodný (Na ₂ CO ₃)	~1,3 g	~1,8 g	~2,7 g
	Hydrogenuhličitan sodný (NaHCO ₃ , jedlá soda)*	~2,2 g	~3,0 g	~4,5 g
	NaOH 25 % (hydroxid sodný, roztok)	~1,9 mL	~2,5 mL	~3,8 mL

Ve sportovním plaveckém bazénu o délce 50m je přibližně 2500 m³ vody. Snížení pH o 0,1 v typické alkalitě kolem 80 mg/L pomocí kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 31 % tak v tomto případě vyžaduje 8,5 litru.

Při manipulaci s chemickými látkami je velmi důležité, aby se s nimi manipulovalo v dobře odvětraných prostorách. Je samozřejmostí, že při práci s nimi by se nemělo jíst, pít ani kouřit. Některé látky nebezpečně reagují s jinými chemickými látkami, které se při čištění používají. Například se jedná o chlornan sodný, který reaguje s kyselinami za vzniku plynného chloru.

Expozici chemickým látkám v ovzduší jsou vystaveni nejen strojníci v zázemí bazénových hal, ale i další zaměstnanci, jako plavčíci, uklízečky, obsluha barů a občerstvení atd. a v neposlední řadě i návštěvníci bazénů z řad veřejnosti ⁹⁾.

V důsledku chlorace bazénové vody a reakce s dalšími látkami vnášenými do bazénů návštěvníky, jako jsou různé mikroorganismy, ale i řada organických látek (např. pot, moč, potraviny, zbytky kosmetických prostředků) vznikají stovky vedlejších produktů s prokázaným vlivem na zdraví. Jako příklad lze uvést trichloramin, který bývá často spojován při dlouhodobé, či opakující se expozici se vznikem alergií a astmatu, snížením plicní funkce, či k zvýšené nemocnosti personálu krytých bazénů (tzv. *lifeguard lung*), to je však téma na samostatný článek.

2. Metoda práce

V první fázi byly identifikovány havarijní události, z kterých je možné se poučit. Za tímto účelem byly prohledány veřejně přístupné databáze pracovních úrazů (např. U.S. Occupational Safety and Health Administration - OSHA), dále zpravodajské archivy, technické zprávy a vědecké publikace. Vyhledávání bylo prováděno na základě použití samostatných klíčových slov případně jejich kombinací jako například „chlorine“, „injury“, „accident“, „incident“, apod. Následně byly vybrány pouze ty záznamy, které se udály za posledních 10 let a měly informační hodnotu, na základě které se dalo vyvodit nějaké poučení. V druhé fázi byly získané informace agregovány a byla provedena základní statistická analýza. Na závěr byly navrženy opatření ke snížení rizika expozice chemických látek v úpravných bazénových vod.

3. Výsledky

Bylo identifikováno celkem 13 událostí. U každé události je uveden základní popis a dále ve stručnosti popsány příčiny události a poskytnutá součinnost. Identifikované události pocházely z Velké Británie, USA, Kanady, Indie, Austrálie a Španělska. Nejvíce událost pocházelo z USA (celkem 6 událostí), následně z Velké Británie (celkem 3 události). K událostem došlo mezi roky 2015 až 2025.

3.1 Identifikované havarijní události

Londýn, sportovní centrum Everyone Active ve Wembley, VB, srpen 2024 ¹⁰⁾

Popis události: Jedenáct lidí převezeno preventivně po ošetření na místě do nemocnice. Devět dětí a dva dospělí. Dalších cca 150 lidí preventivně evakuováno, včetně uzavření přilehlé silnice. Únik chloru byl detekován v cvičném bazéně v přízemí této třípatrové budovy a nahlášen policii v 13:34. Prostor zajištěn přivolanými hasiči a dále ventilován 2 hodiny do doby naměření nulových hodnot. Centrum opět otevřelo v 16:00, cvičný bazén ponechán zavřený do druhého dne pro provedení zavedených bezpečnostních opatření.

Příčina: nesdělena, předpoklad závady na technologii

Poskytnutá součinnost: policie, záchranná služba, hasiči

Calgary, Venkovní bazén Forrest Lawn, Kanada, srpen 2025 ¹¹⁾

Popis události: Plavčík se cítil sláb po pobytu v technické místnosti, kde byl patrný malý únik chloru. Ošetřen na místě. Preventivně evakuován celý areál bazénu, kde se nacházelo cca 25 osob.

Příčina: neuvedena

Poskytnutá součinnost: záchranná služba, hasiči

Central City, Kentucky, Aquatic Exercise Pool, USA duben 2019 ¹²⁾

Popis události: K úniku chloru z technické místnosti došlo při hodině organizovaného cvičení seniorů. Vzhledem k omezeným evakuačním kapacitám bazénu a omezené mobilitě několika seniorů došlo k prodlevám při evakuaci (skoro 4 minuty) a intoxikaci seniorů i personálu, který pomáhal s evakuací. Intoxikace dále zjištěna i u poskytovatelů první pomoci ze záchranné služby. Evakuováno 50 osob, z toho 24 ošetřeno v

nemocnici a z nich 7 hospitalizováno. 3 lidé mají dlouhodobé následky.

Příčina: řada pochybení v bezpečnostních postupech vedoucí k záměně zavedení plnicích hadic do zásobníků s chemií.

Poskytnutá součinnost: záchranná služba, hasiči

Millville, městský plavecký bazén, Columbia USA, červenec 2025 ¹³⁾

Popis: zaměstnanec městské části zaregistroval zápach v okolí čerpadla chloru v areálu před otevírací dobou. Ve spolupráci s hasiči ihned opustil místo a dal volno ostatním zaměstnancům. Evakuováno bylo okolí v rozsahu 100m od městského bazénu, cca 100 osob z okolních obydlí a firem. Hasiči vybavení pro zásah zajistili místo úniku v technické místnosti, kde se chlor mísil se sodou. Odhadnut je únik 38 litrů chloru. Událost bez expozice a zranění.

Příčina: závada na čerpadle chloru

Poskytnutá součinnost: odbor ochrany životního prostředí, hasiči

Bark River campground & Resort, USA, červenec 2024 ¹⁴⁾

Popis: zaměstnanec se pokoušel přidat chlornan sodný do velkoobjemového zásobníku, při údržbě bazénu. Omylem přidal chlornan sodný do nádoby s kyselinou sírovou a zemřel v důsledku nadýchání se výparů chlorového plynu vzniklého smícháním těchto látek.

Příčina: nesprávná manipulace a následná reakce chlornanu sodného s kyselinou sírovou

Poskytnutá součinnost: neuvedeno

Následky: vysoké, bezprostřední smrt postiženého, ohrožení osob v blízkém okolí

Londýn, Aquatics Center v Queen Elizabeth Olympic Park, VB, březen 2022 ¹⁵⁾

Popis: havárie při manipulaci s chemikáliemi pro bazénovou chemii při dodávce pro doplnění zásob. Únik značného množství plynného chloru do prostor plaveckého centra. Evakuace 200 osob. 48 osob ošetřeno na místě a dalších 29 převezeno do nemocnice. Přesměrování dopravy z okolních ulic a zákaz vstupu do přilehlého parku. Místní obyvatelé byli požádáni, aby zavřeli dveře a okna, zatímco hasiči prováděli větrání postižené oblasti.

Příčina: nehoda při manipulaci s dodávkou chemikálií, kyselina chlorovodíková omylem čerpána do jiné nádrže

Poskytnutá součinnost: hasiči, záchranná služba, policie

Riziko: vysoké, značné množství chemické látky a osob v místě nehody a v jejím okolí

Pleasant Grove, Veterans Memorial Pool, Utah, USA, červen 2019 ¹⁶⁾

Popis: ve venkovním bazéně po poruše dávkovacího čerpadla chloru začal nadbytečný chlor unikat v plynném skupenství. Bylo postiženo cca 50 osob, převážně dětí. Exponovaní trpěli dýchacími potížemi, kašlem, krvácením z nosu, nevolností, zvracením a ztrátou vědomí. Desítky lidí byly ošetřeny v okolních nemocnicích, nikdo nebyl v ohrožení života, někteří dle ošetřujících lékařů však mohou mít chronické dýchací potíže. Přes počáteční chaos situace zvládnuta.

Příčina: porucha dávkovacího čerpadla chloru

Poskytnutá součinnost: hasiči, záchranná služba, policie

Pimpri Chinchwad, městský bazén, Indie, říjen 2023 ¹⁷⁾

Popis: po ranním zahájení provozu ochranka zjistila únik chloru z technické místnosti a povolala záchrannáře. Exponováno cca 20 plavců, z nichž 17 bylo převezeno do nemocnice s dušností, kašlem a podrážděním dýchacích cest. Lahev s chlorem byla hasiči vybavenými dýchací technikou uvolněna a ponořena do bazénu pro ochranu obyvatel v okolí areálu.

Příčina: koroze 100 kg lahve s chlorem, vznik trhliny způsobil masivní únik plynu

Poskytnutá součinnost: hasiči, záchranná služba, policie

Victoria, Apollo Bay Aquatic and Leisure Centre, Austrálie, duben 2021 ¹⁸⁾

Popis: po zjištěném úniku ošetřeno 21 osob, z nich 5 převezeno do nemocnice. Doporučení pro veřejnost vyhýbat se oblasti pro snazší pohyb záchranných složek.

Příčina: pravděpodobně důsledkem mechanické poruchy čerpadla na chlor

Poskytnutá součinnost: hasiči, záchranná služba,

Wellington, centrum volného času, VB, listopad 2023 ¹⁹⁾

Popis: alarm detekčního systému po zjištění úniku chloru v 7:38. Hasiči zajistili únik a centrum do prošetření události uzavřeli. Žádné hlášení počtu evakuovaných či postižených

Příčina: porucha technologie

Poskytnutá součinnost: hasiči

Zaragoza, městský bazén Luna, Španělsko, červenec 2021 ²⁰⁾

Popis: složky IZS přivolány po výbuchu v technické místnosti a masivním úniku chloru do prostor venkovního bazénu. Jeden zaměstnanec vážně zraněn, druhý zemřel záhy po převozu do nemocnice. Evakuace cca 60 návštěvníků. Chlorem exponovány tři nezletilé osoby ve věku tři, sedm a devět let. Po ošetření v nemocnici propuštěny. Vyšetřování poukazuje na chybu lidského činitele při manipulaci s chemickými látkami.

Příčina: chyba lidského činitele

Poskytnutá součinnost: policie, hasiči, záchranáři

Anderson, městský bazén, USA, červenec 2021 ²¹⁾

Popis: zaměstnanec míchal chemikálie při údržbě bazénu a byl omráčen vzniklými výpary. Vzhledem k jeho zdravotnímu stavu následně zemřel. Bylo však zaznamenáno, že přispívajícími faktory byly akutní expozice chlóru a bulózní CHOPN.

Příčina: nesprávná manipulace s bazénovou chemií

Poskytnutá součinnost: neuvedeno

Orange County, bazén bytového komplexu, USA, únor 2015 ²²⁾

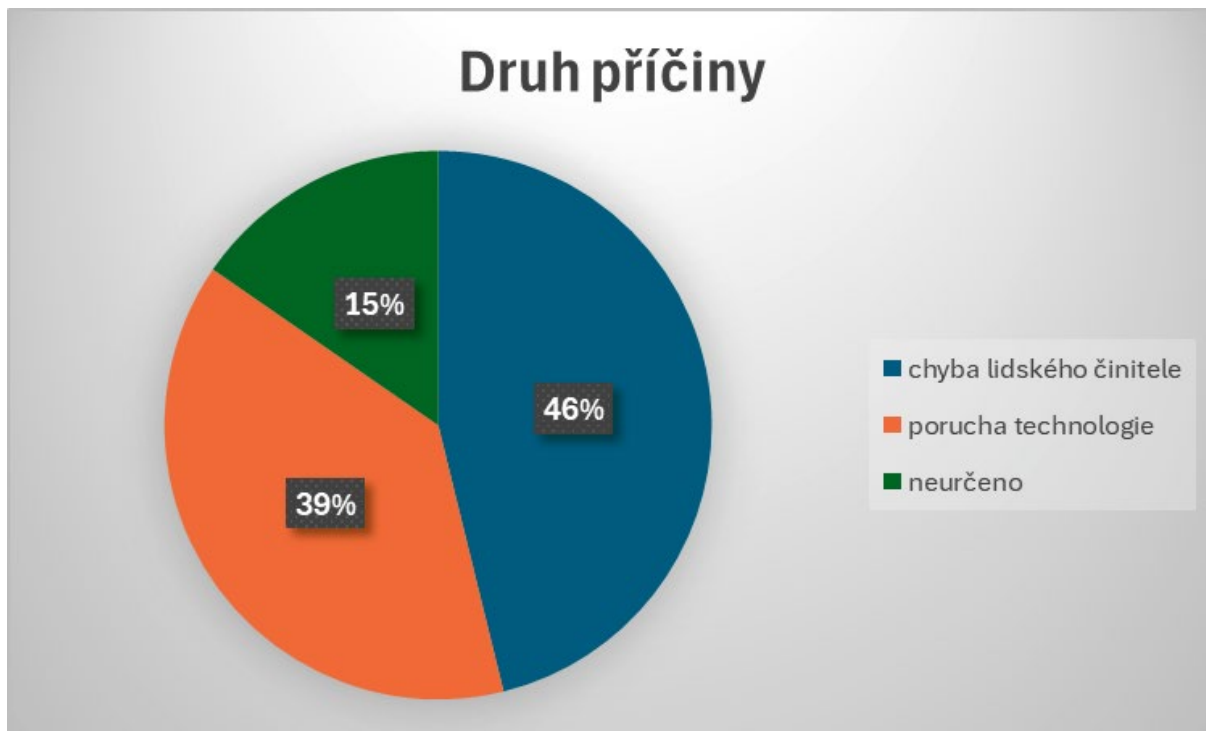
Popis: muž byl nalezen částečně v bezvědomí, obklopen rozlitými chemikáliemi, které vydávaly žlutý plyn. Utrpěl těžké chemické popáleniny na zádech, obličeji a plicích. Byla přivolána záchranná služba a muž byl převezen do nemocnice, kde později svým zraněním podlehl. Hasiči místo a nebezpečné látky zajistili.

Příčina: smíchání chloru s jinými čisticími prostředky

Poskytnutá součinnost: hasiči, záchranáři

3.2 Analýza událostí

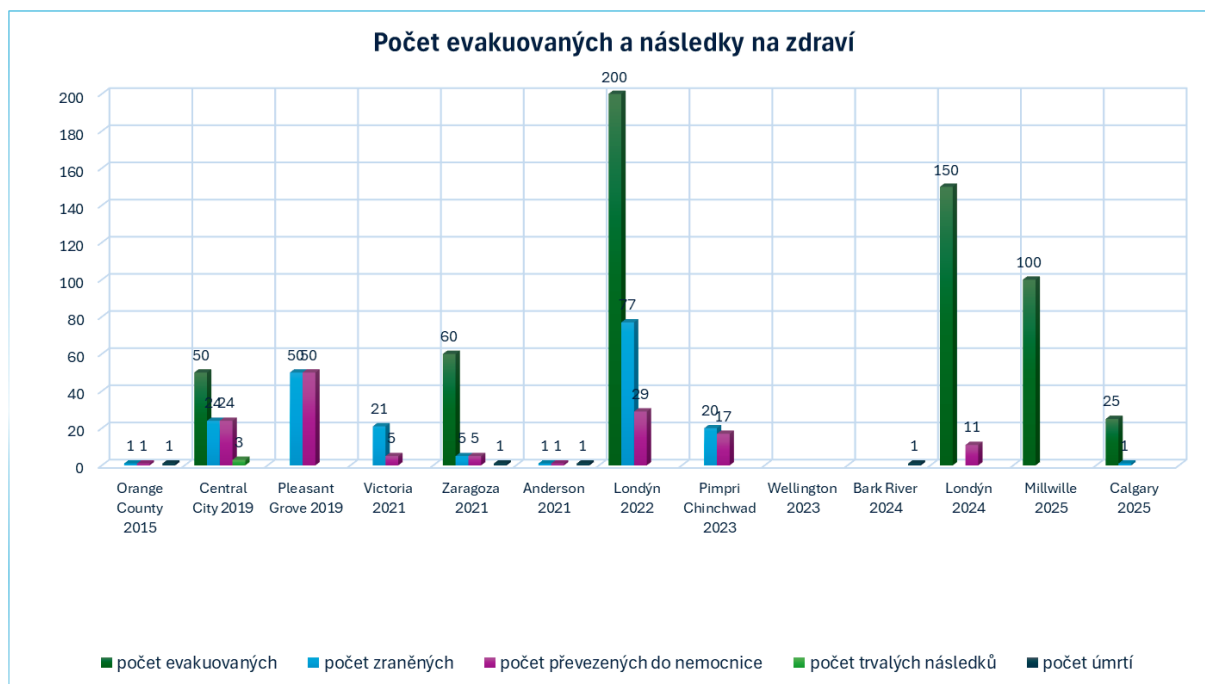
Z obrázku č. 2 je zřejmé, že nejčastější příčinou u vybraných událostí bylo selhání lidského činitele, následně selhání technického zařízení. Ve dvou případech nebyla příčina události uvedena. Je zřejmé, že i přes zvyšující se stupeň automatizace v posledních letech je důležité klást důraz na znalost správných operačních postupů obsluhy a rovněž provádět v pravidelných intervalech kontrolu těchto postupů vedoucími pracovníky.



Obr. č. 2: Příčina havárií

Z identifikovaných informací o nehodách vyplývá, že každý takový incident může být velmi náročný na koordinaci záchranných složek při evakuaci osob ze zasaženého prostoru. V případě provádění evakuace bylo u třech záznamů uvedeno, že muselo být evakuováno 100 nebo více osob. K tomu je však nutné zahrnout případná omezení v podobě uzavření přilehlých ulic.

Velmi závažný je u zaznamenaných událostí rovněž počet zasažených osob. Vzhledem k tomu, že bazény jsou prostory, kde se shromažďuje běžně větší množství osob, může dojít ke zdravotním následkům mnoha osob. To ukazují i nashromážděná data, kde v některých případech muselo být ošetřeno na místě nebo v nemocnici desítky osob. Celkem ve čtyřech případech byly následky na zdraví smrtelné. Lze se setkat i s jednotkami případů osob s trvalými následky. Vzhledem k tomu, že některé identifikované události jsou poměrně aktuální, u některých zasažených osob se mohou v budoucnu trvalé následky teprve objevit.



Obr. č. 3: Počet evakuovaných a následky na zdraví

Podle dříve zmiňované studie Centra pro kontrolu a prevenci nemocí (CDC)¹⁾, která sledovala data z Národního elektronického systému sledování úrazů (NEISS) v USA, byl spočítán pro roky 2015–2017 jen v USA počet zranění souvisejících s chemií používanou v bazénech na 13 508 (s 95% intervalem spolehlivosti 9 087–17 929 případů). Z toho ve stejném intervalu spolehlivosti se stalo 43.7 % zranění (5907 případů) ve veřejných bazénech. Pro možnost přímého porovnání v rámci dat CDC opět z USA²⁾, po desetiletích poklesu zde rostl od roku 2020 i počet utonulých. V letech 2020–2022 takto zemřelo každoročně více než 4 500 lidí, což je o 500 více než v roce 2019.

4. Diskuze a návrh opatření

Smrtelné nehody nejsou obecně často výsledkem náhody ani jediné izolované chyby. Jsou téměř vždy kulminací několika selhání na různých úrovních – od individuálních pochybení přes technické nedostatky až po organizační a systémové chyby. Tato kapitola syntetizuje poznatky z případových studií a identifikuje opakující se vzorce selhání.

Lidský činitel

Lidská chyba je často uváděna jako bezprostřední příčina nehody, avšak je nutné zkoumat, jaké podmínky a nedostatky k této chybě vedly.

- Nedostatečné školení a povědomí o rizicích: Případy z Luny a Orange County jasně ukazují na fatální nepochopení základního chemického principu. Školení personálu musí jít nad rámec mechanického popisu postupu ("nalijte A do B") a musí zahrnovat hluboké pochopení rizik ("proč se A nikdy nesmí setkat s C").
- Nedodržování postupů a improvizace: Snaha "vyřešit problém" bez adekvátní přípravy, vybavení nebo znalostí, je opakujícím se motivem.

- Normalizace rizika: Tento psychologický fenomén hraje pravděpodobně významnou roli. Vysoká frekvence nefatálních incidentů a zranění, jak dokládají data CDC, může vést k postupnému otupění vůči vnímání rizika. Personál, který denně manipuluje s chemikáliemi bez zjevných následků, může začít podceňovat jejich skutečný smrtelný potenciál a zanedbávat bezpečnostní opatření, jako je používání OOPP.

Technické a návrhové faktory

Technické vybavení a jeho návrh hrají klíčovou roli v prevenci lidských chyb. Selhání v této oblasti mohou vytvořit "pasti", které čekají na aktivaci lidským omylem.

- Absence "Fool-Proof" designu: Příklad z Luny je příkladem selhání v návrhu zařízení. Použití identických neoznačených plicích ventilů pro dvě vysoce reaktivní a nekompatibilní chemické látky je chybou, která může vést k jejich záměně a vzniku nehody. Je vhodné využít princip Poka-yoke (zamezení chybám z nepozornosti), který by v tomto případě znamenal použití fyzicky nezaměnitelných spojek (různé velikosti, nebo tvaru), jež by nesprávné připojení znemožnily.
- Závady bezpečnostních systémů: Ačkoliv se jednalo o nefatální incident, případ z New Yorku popsany CDC je varovný. Selhání bezpečnostního systému (tzv. interlock), který měl automaticky vypnout dávkování chemických látek při výpadku cirkulačního čerpadla, vedlo k nebezpečnému nahromadění koncentrovaných chemikálií a následnému vzniku plynného chloru v potrubí. To ukazuje na kritickou důležitost nejen existence, ale i pravidelných kontroly a údržby těchto bezpečnostních prvků.
- Údržba a degradace materiálu: Zanedbaná údržba může zcela eliminovat klíčovou bezpečnostní bariéru. Například se jedná o nečitelné identifikační značení v důsledku koroze.

Organizační a manažerské faktory

Kultura bezpečnosti a manažerské postupy tvoří rámec, ve kterém se odehrávají všechny operace. Selhání na této úrovni mají dopad na systém jako celek.

- Absence kultury bezpečnosti: Nedostatečný dohled nad pracovníky, chybějící, neúplné nebo neaktuální bezpečnostní protokoly a nedostatečné prosazování povinného používání osobních ochranných pracovních prostředků (OOPP) jsou projevy slabé nebo neexistující kultury bezpečnosti.
- Řízení dodavatelského řetězce a změn: Změna dodavatele chemikálií může být zdrojem rizika. Pokud nový produkt např. přichází v jiném balení (jiná barva, tvar) a personál není řádně proškolen, může dojít k záměně, protože lidé se při opakujících se činnostech často spoléhají spíše na vizuální paměť a etikety již nečtou.

Existuje celá řada doporučení pro provozovatele a obsluhu bazénů, od jednotlivých dodavatelů nebo zainteresovaných organizací. Oslovována bývá i veřejnost.

Na základě popsaných událostí lze doporučit zaměřit se konkrétně na tyto oblasti:

- prověření dostatečného větrání technické místnosti, případně zvážení stavebních úprav pro jeho zlepšení (možná prevence fatálních důsledků pro obsluhu)

- dbát na teplotu skladování a dobu použitelnosti chemikálií (např. řešená problematika chlornanu sodného)
- v případě nutnosti společného uložení vzájemně reaktivních látek v technické místnosti dbát na jejich jednoduché rozlišení, či zajistit nemožnost záměny např. jiným průměrem používaných spojek apod. (stále častá příčina nehod)
- Zvážení dalších opatření proti možným únikům či smíchání chemikálií v technické místnosti (např. stavebně oddělit, samostatné kovové skříně, apod.)
- Zajištění dostatečného osvětlení v technické místnosti (prevence vzniku části možných pochybení)
- Zvážit oddělení vzduchotechniky pro prostory s technickým zázemím a prostory, kde se zdržuje veřejnost. Zajistit vhodný způsob filtrace výstupů a zabezpečení technického zázemí v případě havárie.
- Instalace a kontroly funkčnosti výstrahy při selhání či nestandardních stavech dávkovací technologie (v některých zařízeních zcela chybí, nebo nejsou kontrolovány).
- Proaktivní informování veřejnosti o klíčových místech (rozmístění nouzových východů, vybavení OOP, AED a další)
- Ověřit dostupnost a snadný přístup k OOP v blízkosti uložených chemikálií
- Vyšší zabezpečení prostor s možností neoprávněné manipulace se zařízením vedoucí k úniku chemické látky do části, kde se zdržuje veřejnost.
- Pravidelné prověřování znalostí obsluhy z operačních postupů, ze základních vlastností používaných chemických látek s ohledem na jejich bezpečnou manipulaci.
- Tvorba a popularizace preventivních programů pro veřejnost se základy správné praxe, první pomoci, či praktickými radami pro případ mimořádných událostí.

5. Závěr

Záznamy zásahů jednotlivých složek IZS a reportáže jednotlivých médií ukazují, že rozsáhlé průmyslové havárie s účastí chlóru představují katastrofické následky, avšak s ojedinělým výskytem. Častější a bezprostřední hrozbu pro veřejné zdraví představují menší, avšak opakující se havárie v bazénech.

Přestože počet úmrtí způsobených utonutím je celosvětově řádově větším problémem, zranění či úmrtí v bazénech při haváriích spojených s únikem chloru nelze podceňovat.

Dominantní příčinou vzniku těchto událostí je selhání lidského činitele. Konkrétně se jedná o nedodržování technologických (operačních) postupů, nesprávnou manipulaci s chemickými látkami a o nedostatečnou odbornou přípravu obsluhy. Dalšími významnými příčinami jsou technická selhání a nedostatečný systém vytvořených preventivních bariér.

V příspěvku byla navržena konkrétní opatření, která mohou napomoci ke snížení pravděpodobnosti vzniku popsaných událostí. Některá opatření jsou velmi jednoduchá, ale zároveň účinná. Jedná se například o zamezení možnosti záměny chemických látek při jejich doplňování či výměně. To může být zajištěno například rozdílnými druhy spojek, šroubení apod. Nashromážděné informace naznačují, že takovéto opatření by mohlo zamezit vzniku značné části nehod.

Další problematika, která byla pouze nastíněna, je problematika spojená s expozicí trichloraminů a jiných látek, které se ve veřejných bazénech mohou vyskytovat. Tyto látky jsou

spojovány se zdravotními riziky, které se týkají především častých návštěvníků těchto zařízení či zaměstnanců, kteří se v zařízení vyskytují každý den. Toto téma by však zasloužilo samostatné zkoumání.

V havarijní připravenosti veřejnosti na mimořádné události mohou rovněž obecně pomoci rovněž různá školení pro veřejnost. Například akce pořádané hasičským záchranným sborem pro školská zařízení nebo v rámci různých setkání mezi veřejností a složkami IZS. To může napomoci pro snadný průběh evakuace osob. To v konečném důsledku znamená snížení dobu expozice a tím pádem i snížení rizika zdravotních následků osob vyskytujících se v zařízení.

Bibliografie:

- 1) Centers for Disease Control and Prevention, 2019, Morbidity and mortality weekly report, [online], <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/68/wr/pdfs/mm6819a2-H.pdf>
- 2) Centers for Disease Control and Prevention, 2024, CDC Newsroom [online], <https://www.cdc.gov/media/releases/2024/s0514-vs-drowning.html>
- 3) Lhotáková Z., 2005, Bazény, Vydavatelství Era, ISBN 80-7366-015-6. (CS)
- 4) Huynh Tuong, A., Desprésaux, T., Loeb, T., Salomon, J., Mégarbane, B., & Descatha, A. (2019). Emergency management of chlorine gas exposure – a systematic review. *Clinical Toxicology*, 57(2), 77–98. <https://doi.org/10.1080/15563650.2018.1519193>
- 5) Houžvička J., 2007, Účinnost chloru ve vodě v závislosti na pH, [online] 26. 2. 2007 <https://voda.tzb-info.cz/bazeny/3920-ucinnost-chloru-ve-vode-v-zavislosti-na-ph>
- 6) Šašek J.: Výhody a nevýhody zbytkového chloru z hlediska mikrobiologického Sborník konference Pitná voda 2010, s. 41-46. W&ET Team, Č. Budějovice 2010. ISBN 978-80-254-6854-8, [online] 2010, <https://wet-team.cz/files/konference/2010/PV2010%20sbornik/07-Sasek.pdf>
- 7) Pool chemistry training institute, 2025 Adjusting pH and Alkalinity in Swimming Pools, [online] <https://poolchemistrytraininginstitute.com/adjusting-ph-and-alkalinity-in-swimming-pools>
- 8) Digital Analysis Corp., 2019, pH Adjustment, [online], <https://www.phadjustment.com/pH.html>
- 9) Voisin, Catherine & Sardella, Antonia & Bernard, Alfred. (2008). Risks of allergic diseases associated with chlorinated pool attendance. *Hygiena*. 53. 93-101. [online] 2008, <https://hygiena.szu.cz/pdfs/hyg/2008/03/05.pdf>
- 10) Badshah N., 2024, Reportér The Guardian, Eleven people taken to hospital after reports of chlorine leak at London pool, [online] 29. 3. 2024, <https://www.theguardian.com/uk-news/article/2024/aug/29/eleven-people-taken-to-hospital-after-reports-of-chlorine-leak-at-london-pool-wembley>
- 11) Hunt S., 2025, reportér CTV News, Lifeguard falls ill at Forest Lawn pool, possibly due to small chlorine leak: CFD, [online] 30. 8. 2025, <https://www.ctvnews.ca/calgary/article/lifeguard-falls-ill-at-forest-lawn-pool-due-to-small-chlorine-leak-cfd/>
- 12) Bell D., Keeton K., Manzo M., May E. Chlorine Gas Poisoning in an Aquatic Exercise Pool: A Case Report. *The Journal of Aquatic Physical Therapy* 31(3):p 56-60, September/December 2023. | DOI: 10.1097/PXT.0000000000000031
- 13) WNEP, 2025, Hazmat crews respond to chlorine leak at Millville Pool, [online] 17. 7. 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=9TebMnfSQ1o>

- 14) Occupational Safety and Health Administration, 2024, Accident Summary Nr: 168429.015
https://www.osha.gov/ords/imis/accidentsearch.accident_detail?id=168429.015#:~:text=The%20employee%20added%20sodium%20hypochlorite%20to%20a%20container,of%20chlorine%20gas%20vapor%20generated%20by%20the%20mixture
- 15) AP News, 2022, 29 hospitalized after London Olympic pool chlorine gas leak, [online] 23. 3. 2022,
<https://apnews.com/article/winter-olympics-sports-health-europe-london-e1bc16f34dcd0287f1dc48693808f45a>
- 16) Sweeney D., reportér The News Tribune, 2019, Coughing, bloody noses and vomiting as chlorine sickens 50 at Utah pool, cops say, [online] 5. 6. 2019,
<https://www.thenewstribune.com/news/nation-world/national/article231204788.html>
- 17) Deshpande S., reportér Hindustan Times, 2023, 17 hospitalised after chlorine leak at swimming pool in Pimpri-Chinchwad, [online] 11. 10. 2023, https://www.hindustantimes.com/cities/pune-news/17-hospitalised-after-chlorine-leak-at-swimming-pool-in-pimprichinchwad-101696961422627.html#google_vignette
- 18) Attanasio J., reportér 9 News, 2021, Five rushed to hospital following chlorine leak at public pool in Victoria, [online] 3. 4. 2021, <https://www.9news.com.au/national/three-people-evacuated-after-chlorine-leak-in-victoria-swimming-pool/e97f3950-047d-47df-879e-a876a284df3f>
- 19) Tooley D., reportér Shropshire Star, 2023, Leisure centre closed after 'chlorine gas leak' incident, [online] 3. 11. 2023, <https://www.pwttag.org/leisure-centre-closed-after-chlorine-gas-leak-incident/>
- 20) Bastida J., Palomares V., reportér La sexta, La explosión mortal en una piscina de Zaragoza pudo deberse a un error al llenar el depósito de cloro, [online] 22. 7. 2021,
https://www.lasexta.com/noticias/sociedad/explosion-mortal-piscina-zaragoza-pudo-deberse-error-llenar-deposito-cloro_2021072260f98dae481ef90001890c32.html
- 21) Occupational Safety and Health Administration, 2024, Accident Summary Nr: 137070.015
https://www.osha.gov/ords/imis/accidentsearch.accident_detail?id=137070.015
- 22) VelocityEHS, 2025, Fatal Accident in CA: Even Small Quantities of Chlorine Pose Danger, [online], 27.2.2015, <https://www.ehs.com/2015/02/fatal-accident-in-ca-even-small-quantities-of-chlorine-pose-danger/>
- 24) Ahmadpour E., Debia M., 2024 Association between exposure to airborne trichloramine and health effects in indoor swimming pool workers, *Annals of Work Exposures and Health*, Číslo 68,, červenec 2024, Str 593–604, <https://doi.org/10.1093/annweh/wxae023>
- 25) Černý I., 2007, Ekologická laboratoř PEAL, s.r.o., Trichloramin v ovzduší plaveckých bazénů, [online] 2007, https://www.nanospace.cz/user/documents/upload/Blog/vvi-2007-02_s91.pdf
- 26) World Health Organization, 2006, Guidelines for safe recreational water environments, vol. 2: Swimming pools and similar environments, [online] 2. 1. 2006, ISBN: 92 4 1546808,
<https://www.who.int/publications/i/item/9241546808>