

**SS02030008**

# **CENTRUM ENVIRONMENTÁLNÍHO VÝZKUMU ODPADOVÉ A OBĚHOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍ BEZPEČNOST**

## **Odborná zpráva o řešení projektu 2023 – 2024**

### **Výstup 3.A.1.8 Údržba a bezpečnost**



Reportovací období: 01.01. – 31.12.2024

Kontaktní osoba: prof. Dr. Ing. Aleš Bernatík, ales.bernatik@vsb.cz, +420 597 322 833

Vypracovali: doc. Dr. Ing. Michal Lesňák, doc. RNDr. Karla Barčová, Ph.D.

Datum vypracování: 9.1.2025

**T A**  
**Č R**

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.

[www.tacr.cz](http://www.tacr.cz)

[www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)

## Obsah

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| ÚVOD.....                                                                    | 3  |
| 1. TEORIE ÚDRŽBY .....                                                       | 4  |
| 1.1. Hlavní cíle údržby .....                                                | 5  |
| 1.2. Typy údržby podle ČSN EN 13306:2010 .....                               | 6  |
| 1.3. Očekávané přínosy efektivní údržby .....                                | 7  |
| 1.4. Zvláštní význam údržby v kritických odvětvích.....                      | 9  |
| 1.5. Jak provádět údržbu .....                                               | 9  |
| 2. PŘÍPADY NEHOD ZPŮSOBENÝCH PROKAZATELNÝM ZANEDBÁNÍM ÚDRŽBY .....           | 12 |
| 2.1. Výbuch v chemickém závodě v Záluží.....                                 | 12 |
| 2.2. The U.S. Chemical Safety Board (CSB).....                               | 14 |
| 2.3. Požáry ve společnosti Hoeganaes Corporation.....                        | 14 |
| 2.4. Nehoda spojená se zanedbáním údržby v čistírně odpadních vod v USA..... | 15 |
| 3. PŘÍKLAD LEGISLATIVY ÚDRŽBY V EU A ČR .....                                | 17 |
| Legislativa v České republice .....                                          | 17 |
| 3.1. Legislativa v Evropské unii .....                                       | 17 |
| 3.2. Legislativa a technické normy .....                                     | 18 |
| 3.3. Shrnutí .....                                                           | 22 |
| 4. DOPORUČENÍ V OBLASTI ÚDRŽBY .....                                         | 23 |
| ZÁVĚR .....                                                                  | 25 |
| POUŽITÁ LITERATURA.....                                                      | 26 |

## WP 3.A Hodnocení rizik závažných havárií 2021-2024

### ÚDRŽBA A BEZPEČNOST

#### Cíl WP3.A.1.8: Studie vlivu údržby na prevenci závažných havárií

#### ÚVOD

Projekt je zaměřen na údržbu technologických celků v průmyslových provozech, které se podílí na zajištění bezpečného nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a jejich směsmi, s důrazem na prevenci havárií. Projekt sleduje dopad efektivní údržby na prodloužení životnosti zařízení a snížení rizika jejich selhání.

V České republice je prevence závažných havárií, způsobených přítomností nebezpečných chemických látek, pod dohledem Ministerstva životního prostředí, které se opírá o zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. Tento zákon, inspirovaný evropskou Směrnicí Seveso III, má za cíl nastavit systém pro minimalizaci rizika závažných havárií a pro snížení jejich dopadu na lidské zdraví, životní prostředí a majetek. Jedním z klíčových aspektů efektivní prevence je pravidelná údržba a monitorování stavu technologických celků v průmyslových objektech, kde se používají nebezpečné látky.

Problematika údržby a prevence havárií se však netýká pouze evropských zemí; jde o oblast zájmu mnoha světových organizací, jako je například OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj). Tato mezivládní organizace sdružuje zástupce z 38 států a zaměřuje se na harmonizaci politik v různých oblastech, včetně bezpečnosti v chemickém průmyslu. V rámci svých činností vydává OECD pravidelně dokumenty týkající se principů prevence a řízení havárií, přičemž jeden z hlavních dokumentů se zabývá prevencí a bezpečností v chemických provozech. Tento dokument je cenným zdrojem poznatků i pro efektivní přístupy k údržbě, které snižují riziko selhání zařízení stárnutím a pomáhají chránit životní prostředí i lidské zdraví.

Předkládaná zpráva se proto zaměřuje na metody údržby a správu technologických celků, které jsou klíčové pro zajištění bezpečného provozu, a popisuje osvědčené přístupy k prodloužení životnosti zařízení i ke snižování rizika závažných havárií.

Zdroje informací:

1. **OECD (2017). Ageing of Hazardous Installations**

Tento dokument analyzuje mechanismy degradace, selhání údržby a jejich dopad na bezpečnost průmyslových zařízení. Podrobně se věnuje problematice koroze a obsolescence technologií.

2. **OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention**

Zaměřuje se na principy prevence a zásahy při chemických haváriích s důrazem na modernizaci starších zařízení.

## 1. TEORIE ÚDRŽBY

Terminologie údržby – ČSN EN 13306:2010 Údržba – Terminologie [1]

**Údržba** – kombinace všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci.

**Cíle údržby** – je udržovat výrobní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynakládání optimálních nákladů (pohotovost, snížení nákladů, bezpečnost, ekologičnost apod.).

Podrobnější verze zahrnuje více podrobností, rozšíření každého bodu a uvedení širšího kontextu:

Norma ČSN EN 13306:2010 definuje údržbu jako souhrn všech technických, administrativních a manažerských činností, které jsou v průběhu životního cyklu objektu či zařízení zaměřeny na udržení objektu v provozuschopném stavu nebo jeho navrácení do takového stavu. Význam údržby spočívá nejen v okamžitém zajištění funkčnosti a bezpečnosti zařízení, ale také v dlouhodobém řízení spolehlivosti, provozních nákladů a environmentálních dopadů.

Údržba je klíčová pro bezpečný a efektivní provoz v širokém spektru odvětví – od výroby a průmyslu až po služby a infrastrukturu. Nepřetržitý provoz technologií a zařízení, jako jsou dopravní systémy, energetické zdroje nebo výrobní linky, je zásadní pro dosažení stabilní produktivity a konkurenceschopnosti. Údržba se stává strategickým faktorem řízení, protože přispívá nejen k technické funkčnosti zařízení, ale také k ekonomické efektivitě a environmentální udržitelnosti provozu.

## 1.1. Hlavní cíle údržby

Údržba podle ČSN EN 13306:2010 stanovuje několik klíčových cílů, které se zaměřují na dosažení spolehlivosti, bezpečnosti, ekonomické efektivity a environmentální odpovědnosti. Každý z těchto cílů má zásadní význam pro komplexní řízení údržby, která se dnes stále více propojuje s digitálními technologiemi a preventivním přístupem. [2-5]

### 1. Zajištění pohotovosti a dostupnosti zařízení

Pohotovost zařízení znamená jeho schopnost být neustále připraveno k okamžitému využití v případě potřeby. Dosažení vysoké pohotovosti má významný vliv na zajištění kontinuity provozu. V řadě průmyslových a výrobních odvětví, kde se pracuje s kontinuálním nebo nepřetržitým provozem, může mít každá porucha vážné ekonomické dopady. Pohotovost je proto klíčová nejen z hlediska technického provozu, ale také z pohledu obchodního a ekonomického řízení. Díky moderním technologiím, jako je internet věcí (IoT) a senzorové systémy, lze pohotovost zařízení monitorovat a vyhodnocovat v reálném čase, což umožňuje včasné zásahy a minimalizaci odstávek.

### 2. Optimalizace nákladů na údržbu

Dalším významným cílem údržby je optimalizace nákladů, což znamená dosažení rovnováhy mezi náklady na pravidelnou údržbu a náklady, které by vznikly v důsledku neočekávaných selhání. Ekonomická stránka údržby zahrnuje plánování preventivních a korektivních úkonů, efektivní využívání lidských zdrojů a správu zásob náhradních dílů. Tím lze nejen snížit přímé provozní náklady, ale také dosáhnout úspor na nepřímých nákladech, které jsou spojeny s prostojem nebo přerušením provozu. Digitální systémy správy údržby (CMMS – Computerized Maintenance Management System) pomáhají správcům údržby přesně sledovat provozní parametry, analyzovat náklady a optimalizovat zdroje.

### 3. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Zajištění bezpečnosti při práci a ochrany zdraví je v oblasti údržby zásadní. Preventivní údržba a kontrola stavu zařízení výrazně snižují pravděpodobnost vzniku nebezpečných situací, jako jsou úrazy, havárie nebo poruchy zařízení, které by mohly ohrozit zdraví zaměstnanců. Významným prvkem je zajištění toho, aby pracovníci měli přístup k bezpečnému vybavení a byli vyškoleni na postupy, které přispívají k bezpečnosti provozu. Údržba má klíčovou roli i při

dodržování právních předpisů a bezpečnostních standardů, které nařizují pravidelnou kontrolu a údržbu specifických zařízení, jako jsou tlakové nádoby, elektrická zařízení nebo plynové kotle. V neposlední řadě je důležité i to, že bezpečnostní údržba přispívá ke snížení pojistných nákladů a minimalizuje pravděpodobnost pokut za nedodržení předpisů.

#### 4. Ekologičnost a ochrana životního prostředí

Moderní přístup k údržbě zohledňuje také ekologické aspekty a udržitelnost. Minimalizace dopadu provozu na životní prostředí zahrnuje nejen správu a likvidaci odpadu, ale také snížení emisí a efektivnější využívání energií a přírodních zdrojů. Zodpovědný přístup k ekologii znamená i prevenci úniků nebezpečných látek, což je obzvláště důležité v chemickém a těžebním průmyslu. Správně prováděná údržba pomáhá nejen eliminovat environmentální rizika, ale i optimalizovat provozní procesy s cílem minimalizovat spotřebu energie a emisí. Ekologická údržba tak podporuje firemní odpovědnost a často je podmínkou pro dosažení certifikací environmentálního managementu, jako je ISO 14001.

### 1.2. Typy údržby podle ČSN EN 13306:2010

Norma ČSN EN 13306:2010 popisuje několik hlavních typů údržby, které se liší svým zaměřením, plánováním a přístupem k řešení poruch a potenciálních rizik. Každý typ údržby nabízí různé výhody a možnosti využití v závislosti na specifikách provozu. [1]

#### - Preventivní údržba

Jedná se o pravidelně plánovanou údržbu, která se provádí s cílem předejít poruchám a minimalizovat riziko výpadku zařízení. Preventivní údržba zahrnuje pravidelné kontroly, diagnostiku a úkony, jako je výměna opotřebovaných dílů, mazání, seřízení a testování funkčnosti. Tento typ údržby se často plánuje na základě výrobcem stanovených intervalů nebo na základě analýzy provozních dat. Výhodou je, že může prodloužit životnost zařízení a snížit riziko neočekávaných závad.

#### - Korektivní údržba

Korektivní údržba je reakce na poruchu nebo selhání zařízení. Provádí se ve chvíli, kdy zařízení již neplní svou funkci. Zahrnuje opravy, výměnu poškozených částí nebo obnovení

funkcionality zařízení. Tento typ údržby je typický pro případy, kdy zařízení není zásadní pro plynulost provozu a výpadek nezpůsobí výrazné problémy. Korektivní údržba je často levnější než preventivní údržba, ale může přinášet vyšší rizika, pokud se zařízení porouchá v nevhodnou dobu nebo na místě, kde je těžko přístupné.

#### - Prediktivní údržba

Prediktivní údržba se zaměřuje na sledování stavu zařízení prostřednictvím senzorů a diagnostických systémů, které monitorují provozní parametry, jako jsou vibrace, teplota, hluchnost nebo spotřeba energie. Na základě shromážděných dat se provádí analýza, která dokáže odhadnout riziko selhání ještě před jeho vznikem. Tento typ údržby je vysoce efektivní, protože se zaměřuje na konkrétní problémové oblasti a optimalizuje náklady tím, že údržba probíhá pouze v případě potřeby.

#### - Proaktivní údržba

Cílem proaktivní údržby je předcházet problémům ještě dříve, než k nim dojde. Zahrnuje analýzu kořenových příčin, která pomáhá identifikovat faktory, jež mohou vést k opakovaným poruchám nebo ke zhoršení stavu zařízení. Typickými metodami jsou analýza spolehlivosti, využití dat o poruchách a studium historických záznamů údržby. Proaktivní údržba je důležitá zejména v kritických provozech,

**Údržba hraje klíčovou roli** v předcházení systémovým výpadkům, což je zásadní jak pro zachování kontinuity provozu, tak pro prevenci bezpečnostních rizik. Výpadky technických systémů mohou mít vážné ekonomické dopady, zejména v odvětvích s nepřetržitým provozem, jako je energetika, zdravotnictví nebo doprava. Údržba se proto zaměřuje na minimalizaci pravděpodobnosti výpadků a na zajištění spolehlivosti zařízení, která jsou klíčová pro každodenní fungování společnosti.

### 1.3. Očekávané přínosy efektivní údržby

Údržba není pouze o opravách, ale je strategickým nástrojem, který může přinést řadu dlouhodobých výhod. Mezi hlavní přínosy efektivně prováděné údržby patří:

- Prodloužení a optimální využití doby životnosti přístrojů a zařízení

Správná a pravidelná údržba významně prodlužuje životnost technických zařízení. Pravidelné kontroly a preventivní zásahy umožňují včas identifikovat opotřebované nebo poškozené součásti, které by mohly způsobit selhání. Důsledkem je, že zařízení mohou sloužit po delší dobu, než by bylo možné bez údržby, což snižuje náklady na nové investice a umožňuje optimální využití stávajících zdrojů.

- Zlepšení provozní bezpečnosti

Údržba přispívá k bezpečnosti provozu, což je zásadní zejména v odvětvích, kde technické závady mohou ohrozit lidské životy. Včasná výměna a kontrola kritických součástí minimalizuje riziko vzniku nebezpečných situací, jako jsou úrazy či havárie, které mohou mít vážné následky pro personál i okolní prostředí. Bezpečnostní údržba navíc často vychází z legislativních požadavků a přispívá k plnění standardů stanovených bezpečnostními normami.

- Zvýšení připravenosti zařízení plnit požadovanou funkci

Jedním z cílů údržby je zajistit, aby zařízení bylo vždy připraveno k plnění svých funkcí. Pohotovost a spolehlivost zařízení jsou klíčové v provozech, kde jakýkoli výpadek může mít dopady na produktivitu a na schopnost podniku dostát svým závazkům. Údržba zajišťuje, že zařízení je v optimálním stavu a připraveno k provozu v jakýkoli okamžik.

- Optimalizace provozních procesů

Efektivní údržba může zlepšit nejen samotné zařízení, ale také optimalizovat procesy v rámci provozu. Pravidelná údržba umožňuje lépe plánovat a organizovat provozní činnosti, což může vést k vyšší efektivitě a nižším provozním nákladům. Včasné zásahy a optimalizace údržby navíc omezují neplánované odstávky, což dále zlepšuje kontinuitu a efektivitu provozu.

- Snížení počtu poruch

Jedním z hlavních cílů údržby je minimalizace výskytu poruch. Preventivní a prediktivní údržba, která zahrnuje pravidelné kontroly, výměnu dílů a sledování klíčových parametrů, snižuje pravděpodobnost selhání a zajišťuje, že zařízení zůstává v provozuschopném stavu.

Snížený počet poruch přispívá k celkové spolehlivosti a zvyšuje efektivitu provozu, což má pozitivní dopad na ekonomické výsledky podniku.

#### - Plánování nákladů na provoz zařízení

Údržba umožňuje přesněji plánovat a predikovat náklady spojené s provozem zařízení. Díky preventivním opatřením a analýze nákladů na údržbu lze efektivněji alokovat zdroje a předcházet nečekaným výdajům. Plánování nákladů na údržbu pomáhá podniku lépe předvídat budoucí finanční výdaje a optimalizovat rozpočet.

### 1.4. Zvláštní význam údržby v kritických odvětvích

Údržba je mimořádně důležitá v odvětvích, kde selhání technických systémů může mít závažné dopady na lidské zdraví nebo bezpečnost. V oblastech, jako je zdravotnictví, energetika, letecký průmysl nebo doprava, mohou technické závady ohrozit lidské životy a způsobit rozsáhlé materiální škody. Například selhání lékařských přístrojů v nemocnici nebo závada ve vzdušném řízení může mít fatální následky. V těchto případech jsou údržbové procesy často podrobeny přísné regulaci ze strany státních orgánů nebo jim pověřených institucí.

V některých odvětvích zákonodárné orgány dokonce vyžadují provádění pravidelných kontrol a údržby kritických zařízení a součástí. Povinná údržba se vztahuje například na kontrolu letadel, zdravotnických přístrojů, energetických zařízení nebo tlakových nádob. Tato kontrolovaná údržba zahrnuje povinné periodické revize, které mají zajistit, že zařízení odpovídá předepsaným normám a je v plně funkčním a bezpečném stavu.

Údržba je tedy klíčovým nástrojem nejen pro zajištění efektivity a spolehlivosti provozu, ale také pro ochranu lidských životů a minimalizaci rizik v oblastech s vysokými požadavky na bezpečnost a funkčnost zařízení. [6-8]

### 1.5. Jak provádět údržbu

1. Preventivní údržba: Zahrnuje plánované kontroly a opravy podle harmonogramu, aby se předešlo poruchám. Pravidelné kontroly a výměny opotřebovaných součástí minimalizují riziko selhání.

2. Prediktivní údržba: Tato metoda zahrnuje sledování stavu zařízení pomocí senzorů a datových analýz. Na základě těchto údajů lze předpovědět, kdy by mohlo dojít k poruše, a včas zasáhnout. Například monitoring vibrací nebo teploty motorů může indikovat nadcházející selhání.
3. Korektivní údržba: Opravuje zařízení až poté, co dojde k poruše. I když je tato metoda dražší a méně efektivní, je někdy nezbytná, pokud dojde k neočekávanému selhání.
4. Podpora kvalifikovaného personálu: Klíčovým prvkem údržby je dostatečně kvalifikovaný personál, který rozumí zařízení a technologiím a dokáže správně provádět údržbu. Vzdělávání a školení jsou zásadní pro úspěšné provádění údržby. [5]

Údržba zaměřená na bezporuchovost (Reliability-Centered Maintenance, RCM) a Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance, TPM) představují dvě významné metodiky zaměřené na optimalizaci údržby a provozu zařízení v průmyslu. RCM je metoda, která se zaměřuje na identifikaci a analýzu kritických funkcí zařízení s cílem dosáhnout požadované úrovně bezpečnosti a provozní pohotovosti. TPM je naopak metodou, která se soustředí na dosažení maximální efektivnosti a spolehlivosti zařízení prostřednictvím zapojení všech úrovní zaměstnanců do údržbových aktivit a neustálého zlepšování procesů.

Údržba zaměřená na bezporuchovost (RCM) je metodou pro zavedení programu preventivní údržby, který účinně a efektivně dosahuje požadované úrovně bezpečnosti a pohotovosti zařízení a konstrukcí. Tento přístup se zaměřuje na identifikaci a analýzu kritických funkcí zařízení, které jsou nezbytné pro jeho provoz a bezpečnost. Při implementaci RCM je kladen důraz na systematické hodnocení možných příčin poruch a návrh preventivních opatření, která minimalizují riziko výpadků a zvyšují spolehlivost zařízení.

RCM je komplexní metodika, která zahrnuje několik klíčových kroků. Prvním krokem je identifikace kritických komponent zařízení, které mají přímý vliv na jeho provozuschopnost. Následně se provádí detailní analýza možných poruchových scénářů a jejich dopadů na bezpečnost a provoz. Na základě této analýzy se navrhuje konkrétní preventivní opatření, která mohou zahrnovat pravidelné kontroly, údržbové práce a výměny opotřebovaných dílů.

Cílem RCM je nejen minimalizace rizika poruch, ale také optimalizace nákladů spojených s údržbou. Tímto způsobem lze dosáhnout dlouhodobé efektivity a udržitelnosti provozu zařízení, což je klíčové zejména v odvětvích, kde je spolehlivost a bezpečnost na prvním místě, jako jsou energetika, letectví nebo průmyslová výroba.

Totálně produktivní údržba (TPM) je filosofie a přístup k údržbě, který zajišťuje dosažení tří základních cílů efektivnosti zařízení: nulové neplánované prostoje, nulové ztráty rychlosti

strojů a nulové vady způsobené stavem strojů. TPM je zaměřena na maximální využití dostupných zdrojů a zajištění optimálního provozu zařízení.

TPM zahrnuje širokou škálu aktivit a procesů, které se soustředí na preventivní a prediktivní údržbu, školení zaměstnanců a neustálé zlepšování pracovních procesů. Jedním z klíčových aspektů TPM je zapojení všech úrovní zaměstnanců do údržbových aktivit, čímž se zvyšuje jejich povědomí o stavu zařízení a zlepšuje se jejich schopnost rychle reagovat na potenciální problémy.

Dalším důležitým prvkem TPM je důraz na vzdělávání a školení pracovníků. Zaměstnanci jsou pravidelně školeni v oblasti údržby a provozu zařízení, což jim umožňuje efektivněji identifikovat a řešit problémy dříve, než dojde k výpadkům. TPM také podporuje spolupráci mezi jednotlivými odděleními, což vede k lepší koordinaci a sdílení informací.

TPM se vyznačuje také využíváním moderních technologií a nástrojů, jako jsou systémy pro monitorování stavu zařízení a diagnostické nástroje. Tyto technologie umožňují přesné a včasné detekování potenciálních problémů, což vede k minimalizaci prostojů a ztrát.

Základním principem TPM je neustálé zlepšování a optimalizace procesů, což vede k dosažení vysoké úrovně efektivity a kvality provozu. Tento přístup je široce využíván v různých průmyslových odvětvích, kde je kladen důraz na maximální využití zdrojů a dlouhodobou udržitelnost provozu zařízení.

V oblasti údržby je klíčové neustále zvyšovat efektivitu, bezpečnost a spolehlivost provozovaných zařízení. Moderní přístup k údržbě zahrnuje jak technické aspekty, tak i plánování, lidské zdroje a technologie. Následující doporučení reflektují současné trendy a postupy, které mohou významně přispět k optimalizaci údržbářských procesů a minimalizaci rizik spojených s provozem. Efektivní údržba však není jen o řešení vzniklých problémů, zahrnuje i předcházení poruchám a optimalizaci pracovních postupů. V tomto závěru jsou rozebrány klíčové oblasti, na které je vhodné klást důraz pro dosažení těchto cílů. [5]

## 2. PŘÍPADY NEHOD ZPŮSOBENÝCH PROKAZATELNÝM ZANEDBÁNÍM ÚDRŽBY

### 2.1. Výbuch v chemickém závodě v Záluží

Výbuch v chemické továrně poničil 300 domů a zabil 17 lidí, za takové kulisy by se nemusel stydět žádný katastrofický film. Tohle ale byla skutečnost.

Nejtragičtější den v historii českých chemických závodů. Tak se hovoří o explozi z 19. července 1974 v tehdejší výrobně lihu v Záluží u Mostu.

Katastrofa se stala při večerní směně. Nejdříve se ozvala jen dutá rána. Výrobní dispečer si pak všiml, že z potrubí uniká vysoce hořlavý plyn, a okamžitě běžel pro podnikové hasiče. Bylo přesně sedm minut po osmé hodině. Než ale stačili záchranáři naskákat do aut, ozval se ohlušující výbuch. Experti pak vypočítali, že měl sílu 20 až 30 tun TNT.

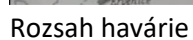
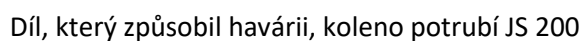
Když zásahové vozy dorazily na místo, naskytl se jejich posádkám děsivý pohled. Kam oko dohlédlo, zuřil požár, jehož plameny zachvátily plochu velkou 36 tisíc metrů čtverečních. Do boje se živlem se postupně zapojilo 22 jednotek, tedy asi dvě stovky hasičů. To nejhorší se jim podařilo zlikvidovat až za čtyři dny.

Postupně se také ukazoval neskutečný rozsah tragédie. Při výbuchu zemřelo 15 lidí, další dva pak v nemocnici podlehli těžkým popáleninám. Kromě nich lékaři ošetřili ještě 124 dalších zraněných. Část z nich pocházela z tramvaje, která v osudnou chvíli projížděla kolem závodu.

Tlaková vlna srovnala se zemí část chemičky a poničila celkem 313 dalších objektů v okolí, z toho 220 rodinných domů.

Některé přitom byly až osm kilometrů daleko! Na opravu všech vysypaných oken bylo zapotřebí 80 vagonů skla a celková škoda se vyšplhala na několik miliard korun.

Vyšetřovatelé zjistili, že plyn začal unikat z kolena potrubí, které mělo korozi zeslabenou stěnu z původních šesti milimetrů jen na zlomek této hodnoty. Oblak vysoce výbušných par vzápětí zažehl otevřený plamen v přilehlé peci. Vina tak byla svalena na pracovníky údržby, z nichž tři stanuli před soudem a odpykali si tresty. [11]



|   |   |
|---|---|
| T | A |
| Č | R |

[www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)

## 2.2. The U.S. Chemical Safety Board (CSB)

CSB je nezávislá federální agentura pověřená vyšetřováním průmyslových chemických havárií, která sídlí ve Washingtonu, D.C. Její členy jmenuje prezident USA a jejich funkce následně potvrzuje Senát. Úkolem CSB je identifikovat a analyzovat hlavní příčiny chemických nehod ve stálých průmyslových zařízeních s cílem zlepšit bezpečnost v chemickém průmyslu.

Při vyšetřování chemických havárií se CSB zaměřuje především na příčiny spojené s nedostatky v systémech řízení bezpečnosti, což bývá nejčastější faktor vedoucí k nehodám. Vyšetřování může odhalit i další přispívající příčiny, jako jsou selhání zařízení, lidské chyby, nepředvídané chemické reakce nebo jiná technologická nebezpečí. Úkolem CSB však není vymáhat dodržování předpisů ani udělovat pokuty či citace.

Na základě svých zjištění CSB vydává doporučení, která jsou určena nejen samotným průmyslovým závodům, ale i regulačním orgánům, jako je například Úřad pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (OSHA) a Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA). Doporučení mohou být určena rovněž průmyslovým organizacím a odborovým skupinám s cílem zvýšit bezpečnostní standardy v chemickém sektoru.

Důležité je, že CSB byla Kongresem zřízena jako nezávislá agentura bez regulačního charakteru a bez přímé vazby na jiné federální úřady. Tato nezávislost umožňuje CSB provádět objektivní šetření a případně přezkoumávat efektivnost stávajících předpisů a způsob jejich prosazování, pokud k tomu existuje důvod. CSB tak představuje důležitý prvek v systému řízení rizik a bezpečnosti v chemickém průmyslu USA. [12]

## 2.3. Požáry ve společnosti Hoeganaes Corporation

V roce 2011 došlo v továrně společnosti Hoeganaes v Gallatinu (Tennessee) k několika závažným haváriím, které zahrnovaly výbuchy železného prachu a explozi vodíku. První incident se stal 31. ledna 2011, kdy během údržby došlo k výbuchu způsobenému rozptylem železného prachu a jeho následným vznícením, což vedlo k úmrtí dvou pracovníků. Druhá nehoda nastala 29. března 2011, kdy při opravách pece došlo k výbuchu prachu, při němž byl jeden zaměstnanec zraněn. Nejzávažnější incident se odehrál 27. května 2011, kdy exploze vodíku způsobila rozsáhlý rozptyl a vznícení železného prachu. Tato havárie si vyžádala tři oběti na životech a zranění dalších dvou pracovníků.

Vyšetřování ukázalo, že příčinami těchto nehod byla nedostatečná údržba zařízení, selhání systémů na zachycování prachu, špatná úroveň úklidu a nahromadění železného prachu na površích. Dalšími faktory byly také nedostatečné školení zaměstnanců a absence efektivních preventivních opatření. Doporučení z vyšetřování zahrnovala zlepšení technických a

administrativních kontrol, zavedení pravidelné údržby zařízení, využívání bezpečnostních standardů, jako je NFPA 484, povinné školení zaměstnanců o manipulaci s nebezpečnými materiály a zavedení systému hlášení a vyšetřování rizikových situací, které by mohly pomoci zabránit budoucím nehodám. [13]

## 2.4. Nehoda spojená se zanedbáním údržby v čistírně odpadních vod v USA

### Popis nehody

Dne 11. ledna 2006 došlo k výbuchu a požáru v ČOV v areálu města Daytona Beach, Bethune Point, Florida, při kterém zahynuli dva zaměstnanci, a třetí byl vážně popálen. ČOV Bethune Point zpracovává odpadní vody pomocí technologie, která vyžaduje přidávání metanolu, vysoce hořlavé kapaliny. Metanol je skladován v nadzemní nádrži.

Americký úřad pro vyšetřování chemické bezpečnosti (CSB) zjistil, že pracovníci údržby při práci s řezacím hořákem na střeše nad skladovací nádrží s metanolem neúmyslně zapálili výpary vycházející z ventilace nádrže. Plamen vyšlehl zpět do zásobníku a způsobil výbuch uvnitř nádrže, který způsobil několikanásobné narušení metanolového potrubí a rozsáhlý požár, který zachvátil nádrž a ohrozil pracovníky.

### Hlavní příčiny havárie

1. Chybějící program kontroly svařovacích prací - Čistírna odpadních vod (ČOV) neměla žádný písemný ani jiný program zaměřený na kontrolu a bezpečnost svařovacích prací. Bez takového programu nebyla nastavena opatření pro prevenci vznícení při svařování, což přispělo k nebezpečí vzniku výbuchu.
2. Nedostatečné školení o rizicích metanolu - Vyšetřování CSB neodhalilo žádné důkazy o tom, že by pracovníci v čistírně odpadních vod Bethune Point v posledních 10 letech absolvovali školení o nebezpečích spojených s manipulací a používáním metanolu. Absence školení zvýšila riziko chyb při zacházení s tímto vysoce hořlavým materiálem.
3. Nedostatečná prověrka pracovních plánů - Město Daytona Beach nevyžaduje, aby byly prověřovány pracovní plány, které hodnotí bezpečnost při vykonávání nerutinních nebo jednorázových úkolů. Tento nedostatek mohl vést k nedostatečnému posouzení rizik při neobvyklých operacích, jako byly práce na systému metanolu.
4. Mezera ve specifikacích normy OSHA 1910.106 - Norma OSHA 1910.106 povoluje použití plastového potrubí v potrubních systémech pro hořlavé kapaliny v nezbytných případech, ale tento předpis nedefinuje, co znamená „nezbytné“. Tato nejasnost mohla přispět k rozhodnutí použít plastové komponenty, které se při nehodě ukázaly jako nevhodné a zvýšily následky výbuchu.

5. Neodpovídající materiál nádrže na metanol - Nádrž na metanol nesplňovala požadavky normy NFPA 30 pro skladování hořlavých kapalin. Ventily a jejich připojení byly vyrobeny z PVC, nikoli z oceli, což zvýšilo riziko vzniku a šíření výbuchu při selhání plastového materiálu.
6. Selhání plastového potrubí - Porucha potrubí z PVC, které bylo připojeno k metanolové nádrži a systému, výrazně přispěla ke zhoršení následků nehody. Použití plastového potrubí místo kovového zvýšilo riziko šíření požáru a následného výbuchu.
7. Nedostatečné pokyny pro údržbu přerušovače plamene - Údržba přerušovače plamene nebyla zahrnuta do návodu k obsluze a údržbě metanolového systému, což vedlo k jeho nedostatečné údržbě. To mohlo zvýšit pravděpodobnost nebezpečných podmínek v systému a přispět k eskalaci incidentu. [14]

Literatura popisující další nehody spojené se zanedbáním údržby:

[15] Casal, Joaquim. (2018). Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants (2nd Edition). Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpEECMAI02/evaluation-effects-consequences/evaluation-effects-consequences>

[16] Kletz, Trevor Amyotte, Paul. (2019). What Went Wrong? - Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided (6th Edition). Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpWWWCHPP8/what-went-wrong-case/what-went-wrong-case>

[17] Kletz, Trevor. (2003). Still Going Wrong! - Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSGWCHPP1/still-going-wrong-case/still-going-wrong-case>

### 3. PŘÍKLAD LEGISLATIVY ÚDRŽBY V EU A ČR

V České republice a Evropské unii se legislativa týkající se údržby zabývá především zajištěním bezpečného provozu zařízení, ochranou zdraví zaměstnanců a ochranou životního prostředí. Legislativní rámec se nevztahuje výhradně na údržbu, ale zahrnuje ji jako součást širší bezpečnostní a provozní regulace. [18. 19]

#### Legislativa v České republice

##### 1. Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce

Tento zákon obsahuje pravidla pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (BOZP), která se vztahují i na údržbu zařízení a technologií. Zaměstnavatelé jsou povinni zajistit, aby práce byla vykonávána bezpečně, což zahrnuje i pravidelnou údržbu a kontrolu strojů a zařízení.

##### 2. Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

Tento zákon doplňuje zákoník práce a obsahuje další podmínky BOZP, které jsou povinné pro zaměstnavatele. Povinnosti týkající se údržby jsou zaměřeny na minimalizaci rizik při práci a bezpečný provoz všech zařízení.

##### 3. Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií

Tento zákon, který vychází z evropské směrnice Seveso III, ukládá povinnost preventivní údržby a kontroly technologických zařízení v provozech s nebezpečnými látkami. Údržba a kontrola zařízení jsou základními prvky prevence závažných havárií, aby byla minimalizována rizika pro zdraví a životní prostředí.

##### 4. Vyhláška č. 378/2001 Sb., o bezpečném provozu a používání strojů a zařízení

Tato vyhláška stanovuje podmínky pro bezpečný provoz a údržbu strojů a technologií. Obsahuje povinnosti týkající se pravidelných kontrol, revizí a údržby.

#### 3.1. Legislativa v Evropské unii

##### 1. Směrnice 89/391/EHS o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci

Tato směrnice je hlavním rámcem pro ochranu zdraví a bezpečnosti zaměstnanců v EU. Vyžaduje, aby zaměstnavatelé zajistili bezpečný provoz všech zařízení a jejich údržbu, a to za účelem minimalizace rizik pro zaměstnance.

## 2. Směrnice 2012/18/EU (Seveso III)

Tato směrnice se zaměřuje na prevenci závažných havárií s účastí nebezpečných látek a platí pro provozy, kde se s takovými látkami nakládá. Směrnice vyžaduje pravidelnou údržbu a kontrolu zařízení, aby se snížila pravděpodobnost havárií.

## 3. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH)

Toto nařízení ukládá požadavky na bezpečné nakládání s chemickými látkami, jejichž součástí je i údržba a kontrola zařízení. Údržba zařízení je klíčová pro snížení rizika, které tyto látky mohou představovat pro zdraví a životní prostředí.

## 4. Směrnice 2006/42/ES o strojních zařízeních

Směrnice se zaměřuje na bezpečnost strojů a zařízení v EU. Předepisuje, že stroje musí být konstruovány a udržovány tak, aby jejich použití bylo bezpečné, což zahrnuje pravidelné údržbové zásahy..

### 3.2. Legislativa a technické normy

Byla zpracována rešerše se zaměřením na předpisy a normy, které souvisí s údržbou.

Základním předpisem, který zdůrazňuje potřebu zahrnutí údržby a popisu postupů údržby do návodu k používání výrobků, je Zákon č. 102/2001 Sb. Tento zákon se nazývá Zákon o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů a byl zveřejněn ve Sbírce zákonů České republiky, konkrétně v částce č. 41 z roku 2001.

Cílem tohoto zákona je zajistit, aby byly na trh uváděny pouze bezpečné výrobky, které neohrožují zdraví či životy uživatelů. Předpis zavádí požadavek, aby výrobci a dodavatelé zahrnovali do dokumentace k výrobkům pokyny pro bezpečné používání, včetně informací o nutnosti a způsobech údržby. Taková dokumentace zajišťuje, že uživatelé mají k dispozici veškeré důležité informace potřebné k udržení výrobku v bezpečném provozuschopném stavu po celou dobu jeho životnosti.

Dodržování tohoto zákona je nezbytné pro minimalizaci rizik spojených s používáním výrobků a pro zajištění jejich dlouhodobé bezpečnosti na trhu.

Aby mohl být výrobek považován za bezpečný, musí splňovat obecné požadavky, které jsou uvedeny v zákoně č. 102/2001 Sb. Tento zákon zahrnuje základní požadavky na bezpečnost výrobků uváděných na trh, a to s cílem chránit uživatele před možnými riziky spojenými s používáním výrobků.

Mezi tyto požadavky patří mimo jiné povinnost, aby dokumentace k výrobku, zejména návod k použití, obsahovala důležité informace o:

- údržbě výrobku – postupy a intervaly údržby, které zajistí bezpečné a spolehlivé fungování výrobku,
- způsobu použití výrobku – jak správně a bezpečně výrobek používat,
- prostředí, ve kterém je výrobek určen k používání – podmínky, za kterých je výrobek bezpečný pro používání,
- způsobu likvidace výrobku – postupy, které zajistí ekologickou a bezpečnou likvidaci výrobku po skončení jeho životnosti.

Podrobnější požadavky na údržbu výrobků jsou stanoveny v dalších předpisech, které blíže specifikují požadavky na bezpečné zacházení a údržbu výrobků podle jejich specifických vlastností.

U výrobků se zvýšenou mírou nebezpečnosti, tedy u stanovených výrobků podle zákona č. 22/1997 Sb. (Zákon o technických požadavcích na výrobky), jsou stanoveny ještě přísnější požadavky. Tyto výrobky, které mohou představovat zvýšené riziko při nesprávném používání, musí splňovat specifické požadavky na bezpečnost a údržbu uvedené v nařízeních vlády, vydaných k provedení zákona č. 22/1997 Sb. Tato nařízení podrobně upravují technické požadavky, které musí tyto výrobky splňovat, aby byly považovány za bezpečné pro trh a konečné uživatele.

Nařízení vlády obsahuje také podrobné pokyny týkající se postupu údržby u vybraných typů strojních zařízení. Mezi tato zařízení patří například potravinářská strojní zařízení a strojní zařízení používaná pro výrobu kosmetických nebo farmaceutických produktů. Pro tato zařízení je důležité, aby splňovala nejen obecné bezpečnostní požadavky, ale také specifické postupy údržby, které pomáhají zaručit jejich bezpečné a hygienické fungování, což je klíčové zejména v těchto citlivých průmyslových odvětvích.

Právní předpisy zpravidla uvádějí technické požadavky obecně, aniž by konkrétně definovaly přesné hodnoty technických parametrů nebo podrobné postupy údržby. Tyto konkrétní hodnoty a metodiky jsou obsaženy v příslušných normách, které doplňují legislativní rámec a poskytují přesné specifikace pro praxi.

Normy, které se zabývají údržbou, lze rozdělit podle zaměření do dvou hlavních skupin:

1. Normy určené pro konkrétní typ výrobku – Tyto normy jsou specifické a obsahují pokyny pouze pro údržbu jednoho typu výrobku. Jsou zaměřeny na technické detaily a postupy údržby daného zařízení, což umožňuje výrobcům a uživatelům plně porozumět specifickým požadavkům na bezpečnou a efektivní údržbu tohoto výrobku.
2. Normy určené obecně pro návrh metod údržby a organizaci údržbových činností – Tyto normy poskytují obecné pokyny, které lze aplikovat napříč různými typy výrobků a zařízení. Obsahují principy a metodiky, jak organizovat údržbu, jakým způsobem vytvářet a udržovat údržbovou dokumentaci a jaké metody údržby aplikovat. Jsou cenné pro organizace, které potřebují standardizovat údržbu v rámci různých typů zařízení nebo provozů a zajistit, aby byla prováděna efektivně a v souladu s požadavky na bezpečnost a spolehlivost.

Tento systém norem umožňuje efektivní rozdělení odpovědnosti a zajištění bezpečnosti napříč různými oblastmi a typy výrobků, přičemž zohledňuje jak specifické, tak univerzální požadavky na údržbu.

Normy, které jsou určeny obecně pro návrhy metod údržby a zároveň pro organizaci činností spojených s údržbou a tvorbu potřebné dokumentace, hrají klíčovou roli při zajišťování správného, efektivního a bezpečného provádění údržby v různých odvětvích. Tyto normy se zaměřují na široké aspekty řízení údržby, včetně dokumentace, smluvních ujednání, kvalifikace pracovníků, sledování výkonu údržby a indikátorů, a rovněž na zajištění spolehlivosti provozovaných zařízení. V České republice jsou tyto normy uspořádány pod \*\*třídícím znakem 0106\*\*, což umožňuje snadnější vyhledávání a kategorizaci těchto klíčových předpisů. Mezi nejvýznamnější normy v této kategorii patří:

#### ČSN EN 13460: Údržba – Dokumentace pro údržbu

- Tato norma, vydaná v listopadu 2009 pod třídícím znakem 010662, se zaměřuje na požadavky týkající se dokumentace, která je nezbytná pro provádění údržby. Údržbová dokumentace obsahuje podrobné informace o zařízení, jeho technickém stavu, historii údržby a pokyny pro provádění údržbových úkonů. Norma specifikuje, jaké informace by dokumentace měla zahrnovat, jakým způsobem by měla být strukturována a jak by měla být uchovávána, aby byla snadno dostupná pro pracovníky údržby. Tento standard pomáhá zajistit, aby informace potřebné pro údržbu byly přesné, aktuální a přístupné, což je zásadní pro plánování a provádění údržbových prací. [2]

#### ČSN EN 13269: Údržba – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě

- Tato norma, vydaná v listopadu 2006 pod třídícím znakem 010663, poskytuje směrnice pro vytváření smluv týkajících se údržby mezi organizacemi. Obsahuje návod, jak definovat a specifikovat požadavky na údržbu v rámci smluvního vztahu, aby byly obě strany obeznámeny

se svými povinnostmi, rozsahy činností a očekávanými výsledky. Tato norma je důležitá zejména pro organizace, které outsourcují údržbové činnosti, neboť pomáhá zajistit jasné a přesné smluvní podmínky, které podporují efektivní spolupráci a snižují riziko nedorozumění nebo konfliktů mezi poskytovatelem a objednatelem služeb. [3]

#### ČSN EN 15628: Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby

- Tato norma, vydaná v únoru 2015 pod třídícím znakem 010666, se zabývá kvalifikací a kompetencemi pracovníků, kteří vykonávají údržbu. Stanovuje požadavky na kvalifikaci, dovednosti a znalosti, které by měli pracovníci údržby mít, aby mohli svou práci vykonávat bezpečně a efektivně. Norma je navržena tak, aby organizacím pomohla vybrat a školit pracovníky s odpovídajícími kvalifikacemi, což přispívá ke zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti zařízení, na kterých pracují. Zaměřuje se na různé úrovně kvalifikace, od základních operátorů po odborné techniky a manažery údržby, a pomáhá určit standardy pro školení a rozvoj pracovníků. [4]

#### ČSN EN 17007: Proces údržby a související indikátory

- Norma ČSN EN 17007, vydaná v dubnu 2018 pod třídícím znakem 010667, se zaměřuje na procesy údržby a definování indikátorů, které umožňují sledovat a hodnotit účinnost údržbových činností. Obsahuje doporučení a pokyny pro zavedení měřitelných ukazatelů výkonu, které mohou zahrnovat například čas potřebný na opravy, počet výpadků nebo náklady na údržbu. Tyto indikátory jsou klíčové pro měření efektivity a efektivnosti údržby a poskytují organizacím nástroj pro kontinuální zlepšování údržbových procesů. Norma pomáhá organizacím sledovat výkon v oblasti údržby, identifikovat oblasti pro zlepšení a optimalizovat zdroje. [5]

#### ČSN EN 60300-3-14: Management spolehlivosti – Část 3-14: Pokyn k použití – Údržba a zajištění údržby

- Tato norma poskytuje pokyny pro zajištění spolehlivosti zařízení prostřednictvím správné údržby a údržbových strategií. Norma se zabývá identifikací a řízením faktorů, které ovlivňují spolehlivost zařízení, a zahrnuje doporučení pro implementaci postupů a metod údržby, které podporují dlouhodobou provozuschopnost a spolehlivost zařízení. Uvádí také metodiky pro analýzu rizik a optimalizaci údržbových činností tak, aby bylo dosaženo rovnováhy mezi náklady na údržbu a spolehlivostí zařízení. [20]

Tyto a další normy tvoří základ pro vytváření zásad, které řídí všechny klíčové aspekty údržby, včetně tvorby dokumentace, smluvních vztahů, kvalifikace pracovníků a monitorování údržbových činností. Společně zajišťují, že údržba je prováděna efektivně, organizovaně a v souladu s platnými předpisy a požadavky na bezpečnost a spolehlivost zařízení. Tato

systematická normační podpora přispívá k vytváření prostředí, ve kterém mohou organizace efektivně spravovat své údržbové procesy a zajistit tak dlouhodobou provozuschopnost a bezpečnost svých zařízení.

### 3.3. Shrnutí

Česká a evropská legislativa stanovují povinnost pravidelné údržby pro bezpečný a bezporuchový provoz technologií a zařízení, obzvláště těch, které mohou představovat riziko pro zaměstnance nebo životní prostředí. Údržba je klíčovým prvkem prevence havárií a ochrany zdraví zaměstnanců, a její zanedbání může mít právní i bezpečnostní důsledky.

## 4. DOPORUČENÍ V OBLASTI ÚDRŽBY

V oblasti údržby je klíčové neustále zvyšovat efektivitu, bezpečnost a spolehlivost provozovaných zařízení. Moderní přístup k údržbě zahrnuje jak technické aspekty, tak i plánování, lidské zdroje a technologie. Následující doporučení reflektují současné trendy a postupy, které mohou významně přispět k optimalizaci údržbářských procesů a minimalizaci rizik spojených s provozem. Efektivní údržba však není jen o řešení vzniklých problémů; zahrnuje i předcházení poruchám a optimalizaci pracovních postupů. V tomto závěru jsou rozebrány klíčové oblasti, na které je vhodné klást důraz pro dosažení těchto cílů.

Podrobné rozpracování zásad efektivní údržby

1. **Prevence:** Prevence je základním pilířem efektivní údržby, který spočívá v přístupu orientovaném na předcházení poruchám. Proaktivní přístup znamená identifikovat a odstraňovat potenciální problémy ještě před jejich vznikem, čímž se snižuje pravděpodobnost nákladných výpadků a oprav. Prevence zahrnuje pravidelné inspekce a monitorování stavu zařízení, což umožňuje detekovat i menší závady, které by mohly eskalovat do závažných poruch. Zavedením prediktivních technologií lze naplánovat údržbářské zásahy na základě skutečného stavu zařízení, nikoli jen na základě časového plánu.
2. **Plánování:** Efektivní údržba vyžaduje pečlivě sestavený a dobře řízený plán, který zohledňuje specifika zařízení, jeho provozní podmínky a dostupné zdroje. Plán údržby by měl být komplexní, zahrnující preventivní a prediktivní činnosti a pravidelné kontroly. Důležité je stanovit priority a přidělit zdroje pro jednotlivé úkoly tak, aby bylo možné zamezit zbytečným prostojům a zajistit kontinuitu provozu. Dobře naplánovaná údržba přispívá k optimálnímu využití zařízení a ke snížení celkových nákladů na jeho provoz.
3. **Personál:** Kvalifikovaný a motivovaný personál je jedním z klíčových faktorů efektivní údržby. Investice do vzdělávání a profesního rozvoje údržbářů zvyšuje jejich odbornost a schopnost řešit náročné situace. Kromě technických dovedností by měl personál rozumět i bezpečnostním a provozním standardům. Vytváření motivačního prostředí a podpory týmové spolupráce zvyšuje spokojenost zaměstnanců, což se pozitivně odráží na jejich výkonnosti. Zapojení zaměstnanců do návrhu a optimalizace údržbářských procesů podporuje jejich angažovanost a usnadňuje implementaci změn.

4. **Bezpečnost:** Bezpečnost je nezbytnou součástí všech údržbářských činností. Dodržování striktních bezpečnostních protokolů a postupů je klíčové pro ochranu pracovníků i zařízení. Implementace pravidelných bezpečnostních školení a kontrol nejen snižuje riziko úrazů, ale také přispívá k plynulému a bezproblémovému provozu. Systém řízení rizik a průběžné hodnocení bezpečnostních opatření umožňuje identifikovat možná nebezpečí a reagovat na ně dříve, než se projeví v praxi.
  
5. **Technologie:** Moderní technologie, jako jsou senzory, prediktivní údržba nebo digitální dvojčata, představují inovativní nástroje pro optimalizaci údržbářských procesů. Digitální dvojčata umožňují simulovat provozní podmínky a predikovat možná selhání na základě dat získaných v reálném čase. Díky analýze dat z IoT senzorů lze monitorovat stav zařízení a plánovat údržbu přesně v okamžiku, kdy je to nutné, což snižuje náklady a minimalizuje neplánované výpadky. Integrace těchto technologií do každodenního provozu zlepšuje predikci problémů a umožňuje lépe alokovat zdroje.

## ZÁVĚR

Optimalizace údržby je neustále se vyvíjející proces, který vyžaduje systematický přístup a zohlednění aktuálních technologických a organizačních trendů. Zaměření na prevenci, plánování, kvalifikovaný personál, bezpečnost a využívání moderních technologií může výrazně zvýšit efektivitu údržby a snížit provozní náklady. Implementace těchto doporučení poskytne pevný základ pro udržitelnost a dlouhodobý úspěch údržbářských procesů v každé organizaci.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN EN 13306:2010 Údržba – Terminologie.
- [2] ČSN EN 13460:2009 Údržba – Dokumentace pro údržbu.
- [3] ČSN EN 13269:2006 Údržba – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě.
- [4] ČSN EN 15628:2015 Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby.
- [5] ČSN EN 17007:2018 Proces údržby a související indikátory.
- [6] Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií.
- [7] Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce.
- [8] Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- [9] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU (Seveso III).
- [10] Směrnice 89/391/EHS o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci.
- [11] [https://mostecky.denik.cz/zpravy\\_region/obrazem-pred-40-lety-doslo-k-nejtragickejsi-prumyslove-nehode-20140719.html](https://mostecky.denik.cz/zpravy_region/obrazem-pred-40-lety-doslo-k-nejtragickejsi-prumyslove-nehode-20140719.html)
- [12] Chemical Safety Board (CSB); [U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board | CSB](https://www.csb.gov/hoeganaes-corporation-fatal-flash-fires)
- [13] <https://www.csb.gov/hoeganaes-corporation-fatal-flash-fires>
- [14] [https://www.csb.gov/assets/1/20/presentation\\_final\\_rh\\_1-22-07\\_pdf.pdf?13878](https://www.csb.gov/assets/1/20/presentation_final_rh_1-22-07_pdf.pdf?13878)
- [15] Casal, Joaquim. (2018). Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants (2nd Edition). Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpEECMAI02/evaluation-effects-consequences/evaluation-effects-consequences>
- [16] Kletz, Trevor Amyotte, Paul. (2019). What Went Wrong? - Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided (6th Edition). Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpWWWCHPP8/what-went-wrong-case/what-went-wrong-case>

- [17] Kletz, Trevor. (2003). Still Going Wrong! - Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSGWCHPP1/still-going-wrong-case/still-going-wrong>.
- [18] OECD (2017). *Ageing of Hazardous Installations*. OECD Publishing.
- [19] OECD (2012). *OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention*. OECD Publishing.
- [20] ČSN EN 60300-3-14: Management spolehlivosti – Část 3-14: Pokyn k použití – Údržba a zajištění údržby