



SLOVENSKÁ
SPOLOČNOSŤ
ÚDRŽBY

ÚDRŽBA

MAINTENANCE - INSTANDHALTUNG

VYDÁVA SLOVENSKÁ SPOLOČNOSŤ ÚDRŽBY



ÚDRŽBA 1/2023

OBSAH

Šéfredaktor: doc. Ing. Juraj Grenčík, PhD.

Redakčná rada: Ing. Dušan Belko
Ing. Martin Bukovinský
Ing. Peter Darvaši
Ing. Gabriel Dravecký, PhD.
Ing. Katarína Grandová
Ing. Branislav Kyseľ
prof. Ing. Hana Pačaiová, PhD.
Ing. Jan Vytřísal, MBA
Ing. Michal Žilka

Vydavateľ: Slovenská spoločnosť údržby
Kocel'ova 15
815 94 Bratislava

Výmena destilačnej pece F1 Peter Mezzey, Tomáš Beták	1
Diagnostika v praxi Dušan Gerlachovský	10
Inventarizácia emisií metánu Frantiek Šucha	20
Natierateľná izolácia, lepenie konzol namiesto privarenia, SuperWrap II - nové Belzona riešenia pre údržbu Michal Abrahámfy	27
XMatik® pre riziká železničných vozidiel SFÉRA, a.s.	34
Logistický systém obstarávania a riadenia náhradných dielov Matúš Korčuška	38

Elektronický časopis

Ročník vydania: XXIII

Periodicita nepravidelná

ISSN 2729-8396

VÝMENA DESTILAČNEJ PECE F1

Peter MEZZEY, Tomáš BETÁK

Anotácia

Spoločnosti SLOVNAFT a.s. prevádzkuje celkovo 39 priemyselných rúrkových pecí, ktoré sa využívajú na ohrev, alebo štiepenie uhľovodíkových látok. Najstaršia pec sa postavila v roku 1967 a najnovšia v roku 2003. Pece rovnako ako všetky zvyšné zariadenia podliehajú opotrebeniu a starnutiu. Vzhľadom na striktno plánovaný prevádzkový harmonogram je náročne nájsť spoločný prienik medzi rozsahom rekonštrukcie a časovým priestorom na výkon prác. Výmena destilačnej pece F1 je pre nás vzorovým projektom ako pristupovať k novým výzvam z novej perspektívy.

Kľúčové slová: Priemyselná rúrková pec, spracovanie ropy, optimalizácia

1. Opis pôvodnej destilačnej pece F1

Destilácia je vstupnou bránou ropy do rafinérie SLOVNAFT a.s., pričom samotná destilácia je fyzikálna separačná metóda kvapalných zmesí založená na rozdielnej prchavosti jednotlivých zložiek zmesí (frakcií - teda užších rezov uhľovodíkov). Rafinéria Slovnaft denne spracováva približne 17000 ton ropy čo ročne predstavuje 6 miliónov ton.

Využiť rozličnú prchavosť jednotlivých frakcií je možné ďalším zahriatím ropy zo vstupnej teploty napr. 250°C na výstupnú teplotu 360°C pri maximálnom tlaku 0,64 MPa na vstupe. Tieto podmienky vieme dodržať za pomoci atmosférickej destilačnej pece F1, ktorú možno kategorizovať ako vertikálnu valcovú pec pozostávajúcu z nasledovných hlavných častí: konvekcia, radiácia, spalínovod. Ohrev nám zabezpečuje 12 kusov podlahových horákov, ktoré odovzdávajú teplo do pecných rúr radiáciou – žiarením v radiačnej komore a konvekciou - prúdením v konvekčnej komore. V prípade pece F1 sa využíva aj zvyškové teplo na výrobu pary v parnom module konvekčnej časti pece.

Pôvodná destilačná pec F1 bola v prevádzke od roku 1967 čo predstavuje 55 rokov a spracovala približne 130 miliónov ton ropy, ktorá vstupuje do konvekčnej sekcie cez 4 prúdy kde sa ropa zohreje z 250°C na 340°C, následne cez vonkajšie prechodové rúry vstupuje médium do radiačnej komory pozostávajúcej z 20 kusov radiačných rúr (celkovo 80 kusov) o dĺžke 23 metrov, kde sa zohreje ropa na požadovaných 360°C. Výška pece je cca 30,5 metra a jej vonkajší priemer približne 8,5m.

Pôvodný nástrek pece bol 240 ton/hod, ktorý bol rokmi zdvihnutý až na súčasných 325 t/hod. Materiál radiačných rúr bol navrhnutý podľa normy STN 41 7102, značka 17 102.2 t.j. 5Cr-½Mo s rozmerom 168,3 x 8,0 mm. V revíznej knihe je podľa projektu uvedená odhadovaná životnosť rúr 10 rokov. Radiačné rúry sú pospájané tzv. headrami, ktoré sú uložené v headrových komorách. Headre boli vyrobené z oceľoliatiny, z hľadiska chemického zloženia sa jedná o podobný materiál ako rúry typ 5Cr-½ Mo. Spoje rúra - header boli riešené zavalcovaním.

2. Technický stav pece F1 pred výmenou

Pri každom odstavení pece sa vykonáva podrobná vnútorná a vonkajšia kontrola zariadenia pracovníkmi Slovnaft a.s. Každá z 39 priemyselných rúrkových pecí podlieha osobitému prístupu a na základe zohľadnenia poznatkov z jej prevádzkovania ako aj doterajších zistení je pre každú pec vypracovaný osobitý inšpekčný plán, prehodnocovaný vždy na základe poslednej vykonanej kontroly zariadenia.

Destilačná pec F1 nám už v roku 2017 na základe technického stavu indikovala, že bude nevyhnutné vykonať rozsiahlu rekonštrukciu s cieľom výmeny radiačných rúr.

Radiačné rúry vplyvom prevádzky koksujú, jedná sa o proces ukladania sa uhlíkových zvyškov na vnútornom povrchu rúr počas zohrievania ropy (*Obr.1*). Koks má vynikajúce termoizolačné vlastnosti čím zhoršuje tepelný prestup rúr ako aj zvyšuje tlakovú diferenciu. Vo svojej podstate koks znižuje efektívnosť a zvyšuje energetickú náročnosť prevádzkovania zariadenia. Už v roku 2017 sa na radiačných rúrach objavili prvé spálené plochy, ktorých počet do roku v 2019 narástol práve z dôvodu zakoksovania (*Obr.2*). Zo spálených plôch boli odobrané repliky a došlo k premeraniu tvrdostí, ktorých výsledkom bolo zistenie vyžihania radiačných rúr na mätko. Na niekoľkých rúrach bol zistený rozdiel tvrdostí od 102HB až po 156 HB.

Pri vizuálnej kontrole radiačných rúr bolo zistené ich prehnutie a početné vzájomné dotyky medzi rúrami, v dôsledku ich trvalého predĺžia o viac než 100mm čím došlo k dotyku medzi rúrou a dnom pece.

V roku 2017 boli vykonané merania hrúbok radiačných rúr vždy zo strany od plameňa a výšky meracích bodov sú v miestach s najvyššou intenzitou výžiarov. Výsledkom kontroly UTT boli zistené úbytky až 2 mm medzi bodom s najvyššou intenzitou výžiarov a vrchom rúry. Takto získané hodnoty boli porovnané s výpočtom minimálnej hrúbky v zmysle americkej normy API 530 (Calculation of Heater-tube Thickness in Petroleum Refineries) s výsledkom veľmi blízkym k minimálnej hrúbke steny radiačných rúr.

V peci bola žiaru-betónová výmurovka na všetkých stenách radiačnej komory, vplyvom prevádzky a jej veku došlo k početným prasklinám a vypadnutiu betónových lôžok. V rokoch 2008 a 2012 sa v dvoch etapách vykonala oprava výmurovky prelepením a doplnením výmurovky z sklo-keramických vlákien, čím sa znížila nutná vzdialenosť medzi radiačnými rúrami a výmurovkou, toto riešenie malo za následok zníženie teploty výmennej plochy v radiačnej komore.

Konvekčná sekcia bola menená v roku 1995, čo predstavuje 28 rokov prevádzky. V čase plánovanej rekonštrukcii mala vymenená konvekčná sekcia 27 rokov čo zodpovedá pôvodnej. Konvekcia ako taká je prakticky nekontrolovateľný výmenník (*Obr.3*), po jej odstrojení od viak sú viditeľné len 180° kolená a cca 100 mm hladkej rúry, zvyšný povrch rúr sa nachádza za rúrkovnicou kde je zväčša povrch rebrovaný čím je zabezpečená zväčšená teplota výmennej plochy (*Obr.4*). Rovnako tak rokmi dochádza k zaneseniu rebier čím sa znižuje jej činnosť a jej čistenie je nesmierne náročný proces, pri ktorom hrozí poškodenie výmurovky.

Následne v roku 2019 došlo k mimoriadnej udalosti malého požiaru, keď počas prevádzky došlo k perforácii horného headra radiačných rúr (*Obr.5*). Ich úlohou bolo selektívne čistenie zakoksovaných rúr, ktoré nebolo využívané nakoľko nie je zaručené opätovné zatvorenie headra.

Počas septembra 2020 sme zistili silné zakoksovovanie radiačných rúr, ktoré bolo monitorované termovíznou kamerou vždy pri zmene nástreku, alebo v prípade ustálenej prevádzky 1x za mesiac. Na základe termovízie sa upravovali prevádzkové parametre v peci tak, aby nedošlo k ohrozeniu ľudí a majetku prevádzky. Maximálne spotové teploty boli až 670°C pri materiály 5Cr-½Mo čo predstavuje teplotu vysoko v creepovej oblasti. Počas apríla 2021 sme vykonali parovzdušné odkoksovovanie pecných rúr. Samotný proces odkoksovania bol rizikový a aby sme dosiahli vypálenie koksu sme museli udržiavať maximálne teploty v intervale medzi 650 až 705 °C (Obr.6).

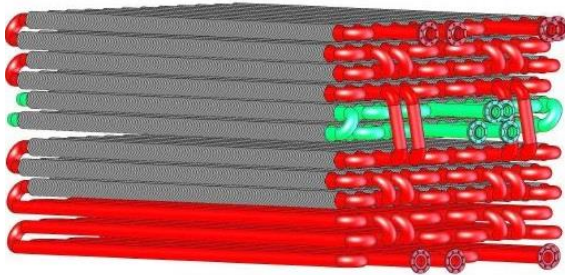
Na základe týchto zistení sme sa rozhodli pre kompletnú rekonštrukciu pece aj napriek pôvodnému menšiemu rozsahu kde sa uvažovalo s ponechaním plášťa radiačnej komory.



Obr.1 Nánosy koksu na vnútornom povrchu radiačných rúr.



Obr.2 Spálený povrch radiačných rúr v dôsledku koksovania.



Obr.3 Vizualizácia konvekčnej časti pecných rúr. Červená farba predstavuje – uhľovodíky Zelená časť predstavuje výrobu pary [1]



Obr.4: Fotografia z inšpekcie konvekčnej sekcie.



Obr.5 Perforácia na hornom headre radiačných rúr



Obr.6 Fotografia rozžiarených rúr počas odkoksovania 04/2021

3. Základné požiadavky na novú pec

Prvou a najdôležitejšou podmienkou bolo, že pec v dôsledku rekonštrukcie nesmie zmeniť svoju výšku, v opačnom prípade by sa projekt rozrástol o úpravu spalinovodu.

Na základe svetových trendov a jedinečnej možnosti kompletnej rekonštrukcie pece sme sa rozhodli vykonať zvýšenie materiálovej triedy pecných rúr z pôvodnej 5Cr-½Mo na A335 Gr.P9 (9Cr-1Mo). Táto zmena nám garantuje vyššiu odolnosť voči vysokoteplotnej sulfidácii ako aj vyššiu tepelnú odolnosť rúr v prípade koksovania radiačných rúr.

Ako bolo spomenuté už v časti Technický stav pece pred výmenou headrov na radiačných rúrach sú vysokým HSE rizikom, vzhľadom na to, že sú uložené mimo radiačnú komoru, ťažko sa dajú kontrolovať najmä z dôvodu veľmi zlej dostupnosti a sú vysokým rizikom zdroja netesnosti a pre prípad, že by sme sa chceli vyhnúť náročnému odkoksovaniu nie je možné ich krtkovanie. Do nového projektu sme požadovali úpravu plášťa radiačnej komory tak, aby horné aj dolné kolena radiačných rúr boli v spoločnom priestore.

Vzhľadom na vek konvekcie a prepočtov korózných rýchlostí v zmysle americkej normy API 571 (Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry) sme považovali výmenu konvekcie za nevyhnutnú, nakoľko akékoľvek zlyhanie konvekcie na destilačnej peci má za následok dlhodobý vplyv na prevádzkovanie celej rafinérie.

V konštrukcii konvekcie sa vytvoril priestor a dobudoval sa vlez, ktorým v prípade potreby môžeme vykonávať robotické čistenie konvekčných rúr. Jedná sa o riadený proces, kde diaľkovo ovládateľný stroj vymýva rebrovania rúr vysokým tlakom roztoku, pričom nedôjde k poškodeniu výmurovky. Čistota konvekcie je nevyhnutná keďže sa 70 až 80% tepla odovzdáva práve v nej.

V peci je celkovo 12 kusov zastaralých horákov, ktoré chceme prehodnotiť a nahradiť novými tak, aby sa dosiahlo zníženie NOx z pôvodných 200 mg/m³ pod hranicu 90 mg/m³.

Pôvodná výmurovka zo žiarubetónu je popraskaná a vypadaná. Menšími rekonštrukciami sme docielili uspokojivý stav aj napriek zníženiu teplo výmennej plochy radiačných rúr. Našou požiadavkou bolo realizovať novú výmurovku, ktorou bude pec efektívnejšia a znížime požiadavky na energetickú náročnosť pri dodržaní požiadavok na povrchovú teplotu plášťa pece v zmysle MOL GROUP STANDARDS pod 60°C.

4. Realizácia

V roku 2019 bol Slovnafte realizovaný veľmi podobný projekt, ktorým došlo k rekonštrukcii pece podobných rozmerov, ale s menším rozsahom projektu (zachovaný plášť, horákový systém, konvekcia), jednotlivé strojné časti boli nahrádzané novými dielmi napr. radiačné rúry, strop radiačnej časti, výmurovka, atď. Počas rekonštrukcie nás prekvapilo pomerne veľké množstvo revízných nálezov. Vďaka veľmi dobre fungujúcemu projektovému tímu sa nám podarilo aj napriek týmto nálezom stihnúť odstávku výrobných jednotky v dĺžke trvania 60 dní.

V počiatočnej fáze projektu výmeny pece F1 sme mali rovnaký prístup k jednotlivým činnostiam do doby, kým sme sa dostali k vypracovávaniu harmonogramu. Realizačný čas nutný na celý rozsah projektu pri dodržaní kvality prác predstavovali optimistických 75 až 80 dní, pričom plánovanie výroby Slovnaftu poskytlo 54 dní na údržbu a to nás priviedlo k hľadaniu novej perspektívy riešenia za hranicami zaužívaných a overených postupov. Ako už bolo spomenuté destilačná jednotka je tým prvým krokom v reťazci spracovania ropy a každý jeden deň omeškania by ovplyvnil desiatky výrobných jednotiek a spôsobil obrovské straty na výrobe.

V roku 2019 nám z celkového trvania projektu zabrala výmena výmurovky skoro 14 dní k čomu sa pripojili ďalšie nálezy ako strata ovality valcovej časti radiačnej komory a s tým spojená zmena geometrie hornej príruby, ku ktorej sa mal pripojiť pôvodný medzikus medzi radiáciou a konvekciou.

Na základe ponaučení z roku 2019 sme sa rozhodli pre kompletnú výmenu pece a to výstavbou novej v tesnej blízkosti existujúcej. Nakoľko oživenie takto novo postavenej pece je časovo náročnejšie, došlo k rozhodnutiu využitia pôvodnej pozície, to znamená, že v priebehu 54 dní sme mali demontovať pôvodnú pec a na jej miesto presunúť novú.

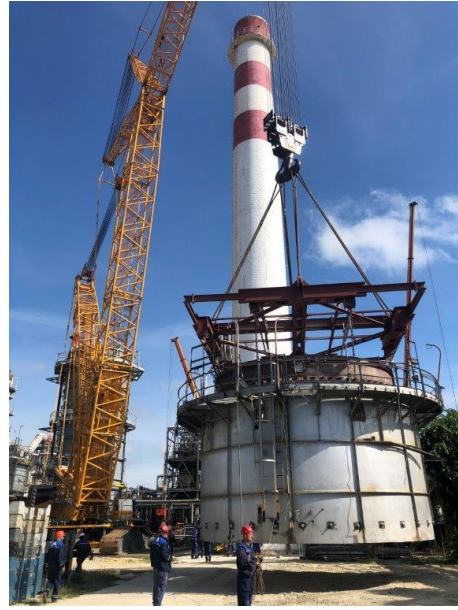
Aby bolo možné vykonať takýto presun zariadení bol na stavbe potrebný 750 tonový žeriav, privezený na 36 kamiónoch a jeho samotná stavba trvala 7 dní. Okrem tohto žeriava boli využívané ďalšie, ktorými sa riešili menšie zdvihy, ako aj odstrojenie potrubí, elektro a MaR častí.

Demontáž pôvodnej pece bola navrhnutá tak, aby sa odstránila pec v čo najväčších dieloch, ktoré boli demolované a odvázané priamo zo staveniska. Pri samotných dieloch sa bral ohľad na technický stav pôvodnej betónovej výmurovky, ktorá sa mohla uvoľniť v dôsledku deformácie plášťa pece počas zdvihu čo sa nám podarilo minimalizovať fixačnými prípravkami.

Ako prvý sa demontoval pôvodný spalínovod, následne konvekcia a radiačné rúry. Radiačná časť plášťa pece, bola najrizikovejšia nakoľko predstavoval veľkú váhu cca 80 ton ocele a 100 ton betónovej výmurovky, kde hrozilo jej uvoľnenie. Z uvedeného dôvodu sa pristúpilo rozrezaniu radiačnej časti plášťa pece vodným lúčom na 4 kusy bez demontáže výmurovky (Obr.7 a Obr.8). Z kompletnej demontáže starej pece vzniklo 200 ton železného odpadu a 130ton výmurovky.



Obr.7 Demontáž ¼ radiačnej časti pece.



Obr.8 Položenie ¼ radiačnej časti na miesto demolácie

Po odstránení pôvodnej pece zo svojej pozície došlo k zosilneniu pôvodných základov, ktoré boli v zmysle prepočtov vyhodnotené ako nedostatočné. Prípravné práce boli vykonané ešte počas chodu starej pece a po jej demontovaní došlo k montáži výstuže, debnenia a následnej betonáži.

Radiačná sekcia novej pece F1 bola postavená v tesnej blízkosti pôvodnej pece na novovybudovaných základoch ešte pred odstavením výrobnéj jednotky (Obr.9). Jednalo sa o valcový plášť s výmurovkou zo sklo-keramickej vlákniiny na vertikálnej stene a stropu pece. Dno radiačnej sekcie pece bolo izolované žiaruvzdorným betónom. Plášť bol vyzbrojený kompletnými radiačnými rúrami, rebríkmi, plošinami ako aj novými potrubnými rozvodmi. Takto vyzbrojený plášť predstavoval celkovú váhu 205 ton a bol presunutý na pozíciu v jednom diely (Obr.10).



Obr. 9 Výstavba novej radiačnej časti



Obr.10 Nová radiačná časť, kompletne vyzbrojená a pripravená na presun

Konvekčná časť pece bola vyrábaná v dielni zhotoviteľa z dvoch samostatných dielov (Obr.11), ktoré boli presunuté na stavenisko tesne pred montážou a ich spoločná váha predstavovala 55 ton. Po umiestnení konvekčných modulov na svoju pozíciu bolo nutné vykonať zváranie vnútorných prepojovacích rúr v rámci konvekčných modulov ako aj vonkajších medzi radiáciou a konvekciou.



Obr.11 Nový konvekčný modul v dielni zhotoviteľa

Nakoľko sú pecné rúry realizované z materiálu A335 Gr.P9 (9Cr-1Mo) boli všetky zvary vyžíhané a požadovala sa na nich 100% RTG kontrola. Všetky zvary boli vyhodnotené ako vyhovujúce aj vrátane 32 pozičných zvarov realizovaných už na trvalej pozícii pece. Okrem uvedených zvarov sa na stavbe realizovali ďalšie zváracie činnosti na potrubiach pary, vykurovacieho plynu, atď. Vo všeobecnosti možno povedať, že zvárací plán bol nastavený na minimalizáciu pozičných zvarov.

Po osadení spalínovodu na pozíciu už neboli vykonávané veľké zdvihy a práce sa zamerali na napojenie potrubných rozvodov do prevádzky, inštaláciu elektro a MaR zariadení a ďalej sa pracovalo na oživovaní pece.



Obr.12 Pôvodná 55 ročná destilačná pec F1



Obr.13 Nová destilačná pec F1 spustená do prevádzky 06/2022

5. Záver

Počas roku 2022 sme mali generálnu odstávku na celkovo 31 výrobných jednotkách, na ktorých sa spolupodieľalo celkovo 300 interných pracovníkov z 27 oddelení a 3000 externých pracovníkov.

Príprava a realizácia projektu výmeny destilačnej pece F1 bola v trvaní 3 roky a s ním spojené náklady sú v hodnote 8,5 mil. EUR. **Na projekt bolo dedikovaných celkovo 54 dní pre údržbu a vďaka vysokej angažovanosti a racionalizácii prác sa podarilo projekt skrátiť na 51 dní a výrobnú jednotku nabehnúť o 1 deň skôr.** Skrátenie trvania projektu bolo možné aj vďaka veľkému dôrazu na kvalitu a dôslednosti pracovníkov SLOVNAFT a.s. ako aj spoločností podieľajúcich sa na realizácii čo sa odrazilo napríklad aj 100% tesnosťou prírubových spojov.

Stavbou novej pece sa nám podarilo získať aj ďalšie benefity, ktoré by inak neboli možné, nakoľko nová pec bola navrhnutá v zmysle aktuálnych trendov z oblasti výroby a prevádzkovania pecí.

Zväčšili sme priemer pece, vďaka čomu má pec potrebné izolačné vlastnosti a zároveň spĺňa aj potrebnú vzdialenosť radiačných rúr od výmurovky čím sa zabezpečili ideálne podmienky na odovzdanie tepla médiu.

Znížili sme počet horákov z celkového množstva 12 kusov na 10 kusov, pričom nové horáky sú typu Ultra Low NOx čím sme získali historicky najnižšie množstvá NOx predstavujúce 68mg na 1m³.

Zrušením headrových komôr a presunutím 180° kolien do radiačnej komory sme zabezpečili lepšiu kontrolovateľnosť pece získali sme možnosť krtkovania, čo znamená, že v prípade koksovania pecí nie sme odkázaní na rizikové parovzdušné odkoksovávanie.

Došlo odstráneniu starej, popraskanej a ťažkej betónovej výmurovky a jej nahradeniu novou sklo-keramickou vlákninou, ktorej izolačné vlastnosti nám zabezpečujú dodržanie efektívnosti pece s minimálnou povrchovou teplotou plášťa pod 60°C aj pri teplote spalín cca 700°C.

Modernizáciou prešli aj nástrekové, pecné a transferové potrubia, ktoré sú navrhnuté z ocele s vyššou kvalitou ako boli pôvodné. Čím sme získali vyššiu odolnosť voči sírnym ropám.

Tento projekt bol pre nás všetkých obrovskou výzvou, nakoľko takto rozsiahle projekty počas odstávok, doposiaľ neboli v Slovnaft a.s. realizované. Zároveň sme sa týmto projektom presvedčili, že sa vieme ako tím zomknúť a ťahať za jeden povraz.

Záverom tohto článku sa chcem poďakovať prípravnému a realizačnému tímu za úspešne ukončený projekt.



Obr.14 Časť projektového a realizačného tímu po ukončení prác výmeny destilačnej pece F1.

Použitá literatúra:

- [1] TOMEK, M. – ODRAZIL, P.: Rekonštrukcia pece F1 na VJ AD5 Slovnaft Štúdia realizovateľnosti, CHEMPEX-HTE a.s. 08/2019

Autori:

Ing, Tomáš Beták
Odborný inžinier
SLOVNAFT a.s.
Vlčie hrdlo 1, 824 12 Bratislava
+421 914 775 508 E-mail: tomas.betak@slovnaft.sk

Ing, Peter Mezzey
Vedúci údržby
SLOVNAFT a.s.
Vlčie hrdlo 1, 824 12 Bratislava
Tel.: +421 908 754 884 E-mail: peter.mezzey@slovnaft.sk

DIAGNOSTIKA V PRAXI

Dušan GERLACHOVSKÝ

Anotácia

Technická diagnostika je trvalou súčasťou manažmentu strojného zariadenia vo väčšine podnikov, od tej jednoduchšej až po metódy strojového učenia. V článku je popísaná technická diagnostika v podniku SLOVNAFT, a.s., od vibračnej diagnostiky až po použitie metód strojového učenia na dvoch príkladoch z praxe.

Kľúčové slová: technická diagnostika, strojové učenie, AspenTech, MTELL

SLOVNAFT, a.s.

SLOVNAFT, a.s., patrí medzi kľúčové energetické spoločnosti na Slovensku. Je lídrom na domácom trhu s motorovými palivami a jedným z najvýznamnejších exportérov. Slovnaft sa hlási k princípom trvalo udržateľného rozvoja, podporuje vzdelanie, umenie, kultúru, šport a ochranu životného prostredia. Je členom medzinárodnej Skupiny MOL – poprednej ropnej a plynárenskej spoločnosti v strednej a východnej Európe.

V chemickom podniku takejto veľkosti sa nachádza veľké množstvo zariadení, či už statických alebo rotačných. Vedomosť o ich stave je veľmi dôležitá nielen z pohľadu ekonomického, ale aj z pohľadu starostlivosti o bezpečnosť a zdravie v podniku i životného prostredia v širšom okolí. A v tomto smere je technická diagnostika veľmi dôležitou zložkou.

V SLOVNAFT, a.s., je technická diagnostika zabezpečovaná cez dcérsku spoločnosť SLOVNAFT MONTÁŽE A OPRAVY, a.s., buď priamym výkonom, alebo subdodávateľmi v prípade špecializovaných spôsobov technickej diagnostiky. Podstatná časť je sústredená v oddelení Monitorovanie stavu strojov & BigData.

Oddelenie Monitorovanie stavu zariadení & BigData

Oddelenie v súčasnosti má 12 pracovníkov a zaoberá sa vibrodiagnostikou on-line aj off-line, údržbou hardware Bently Nevada v podniku, termodiagnostikou, videoendoskopiou, tribodiagnostikou a aplikáciou strojového učenia v oblasti diagnostiky strojného zariadenia.

Historicky najstaršou činnosťou bola vibrodiagnostika, ktorá sa začala používať už začiatkom sedemdesiatych rokov, kedy boli zaobstarané prvé prenosné meracie prístroje. Tieto prístroje sú stále uchovávané v našom „súkromnom minimúzeu“ a dokladujú vývoj techniky v tejto oblasti.



Obr. č. 1 : Ukážka historických prístrojov na meranie vibrácií

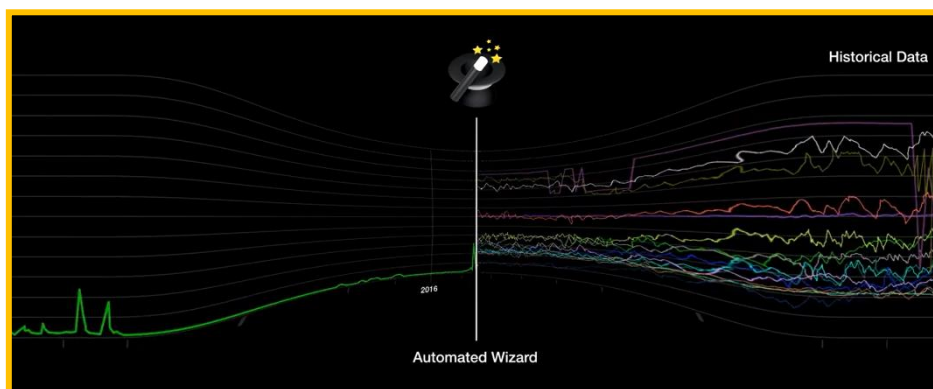
Všetky spomenuté metódy technickej diagnostiky je už možno považovať za štandardné a všeobecne bežne používané. SLOVNAFT, a.s., bol ale vždy na úrovni doby a v tomto trende chceme pokračovať. Preto na úrovni Skupiny MOL bolo rozhodnuté o postupnej aplikácii najmodernejších poznatkov v oblasti strojového učenia, resp. umelej inteligencie do oblasti technickej diagnostiky.

AspenTech – Machine Intelligence (MTELL)

Spoločnosť AspenTech bola založená v roku 1981 a vznikla v rámci spoločného výskumného projektu medzi Massachusetts Institute of Technology (MIT) a americkým ministerstvom energetiky – projekt Advanced System for Process Engineering (ASPEN) (Pokročilý systém pre procesné inžinierstvo). [1]

V súčasnosti so svojimi produktami, ktoré sú zamerané na procesné inžinierstvo, výrobu a zásobovanie a optimalizáciu výkonu, pôsobia najmä v oblastiach, ako ropný priemysel, baníctvo, preprava a farmaceutický priemysel. [2]

Medzi produktami AspenTechu je aj produkt MTELL. Jedným z jeho cieľov a možností je sledovať a upozorniť na odchýlky od štandardného procesu a predikcia nadchádzajúcej poruchy. Avšak to len za podmienky, že sa už takáto porucha alebo havária stala aspoň raz v minulosti. Pomocou metód strojového učenia dokáže systém MTELL spracovať obrovské množstvo dát z meraní. Zjednodušene povedané – spracuje ľubovoľný počet online meraní a hodnôt, kde nie je nutné, aby boli veličiny od seba úmerné alebo závislé a preklolí ich do jednej krivky pravdepodobnosti (obr. č. 2).



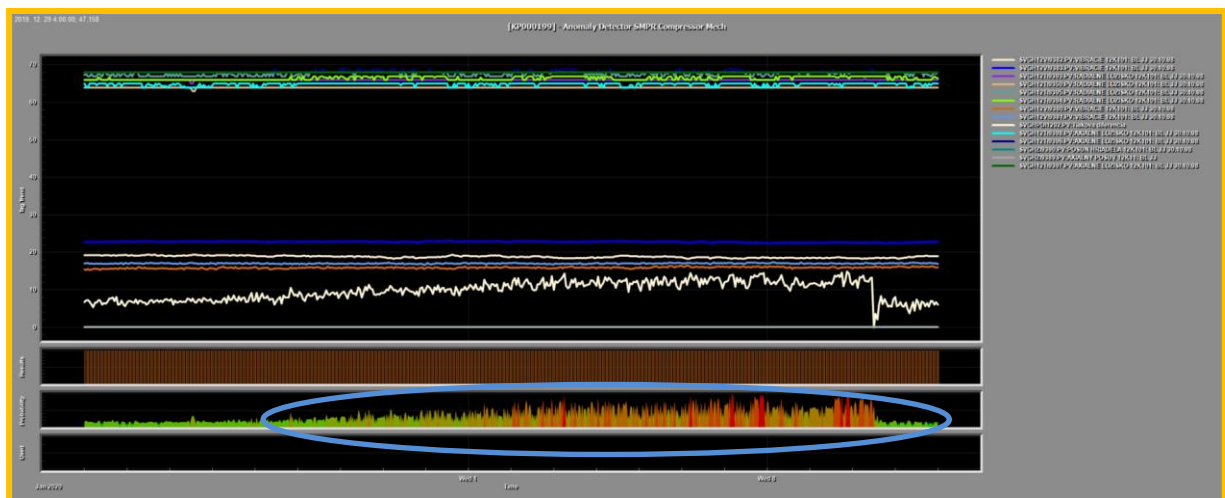
Obr. č. 2 – krivka pravdepodobnosti (ilustračný obrázok)

Systém MTELL potom, pomocou nástrojov nazývaných „agenti“, sleduje a rozpoznáva v trende niekoľko vzorov v aktuálnom čase, ktoré vykazujú normálne alebo aj chybové správanie zariadenia. Poruchovej, respektíve havarijnej udalosti predchádza vývin parametrov a trendov s predstihom niekoľko dní, aj mesiacov. Program, pomocou algoritmu, vie takýto vývin predpovedať a včas naň prostredníctvom agenta upozorniť.

Agent je komponent softvéru, ktorého úlohou je včas upozorniť na blížiacu sa poruchu, prípadne odchýlky od prevádzkových parametrov. Na toto slúži tzv. Anomaly Agent (agent anomálie) a Failure Agent (agent zlyhania). Každý agent umožňuje nakombinovať ľubovoľný počet snímačov z rôznych zariadení, napr. nádrže, čerpadlá, pomocné systémy (mazanie, chladenie), pričom nie je podmienkou, že všetky snímače musia byť na konkrétnom sledovanom zariadení.

Anomaly Agent

Je to základný typ agenta, ktorého úlohou je sledovanie odchýlok v prevádzkovaní zariadenia. Pri kompresoroch to môže byť napr. skupina, resp. agent, ktorý sleduje chod motora, ale napr. aj jednotlivé stupne viacstupňového kompresora samostatne. Pred nasadením agenta je potrebné ho natrénovať a naučiť, čo si má všímať, čo má považovať za normálne prevádzkové hodnoty a naopak – aké hodnoty sú alarmové, ale aj ako vyzerá režim, kedy zaradenie nie je v prevádzke. Po natrénovaní na normálny prevádzkový stav sa nastaví tolerancia na jeho odchýlku. V prípade, že sa tento prah dosiahne – posiela upozornenie, že niečo nie je v poriadku.



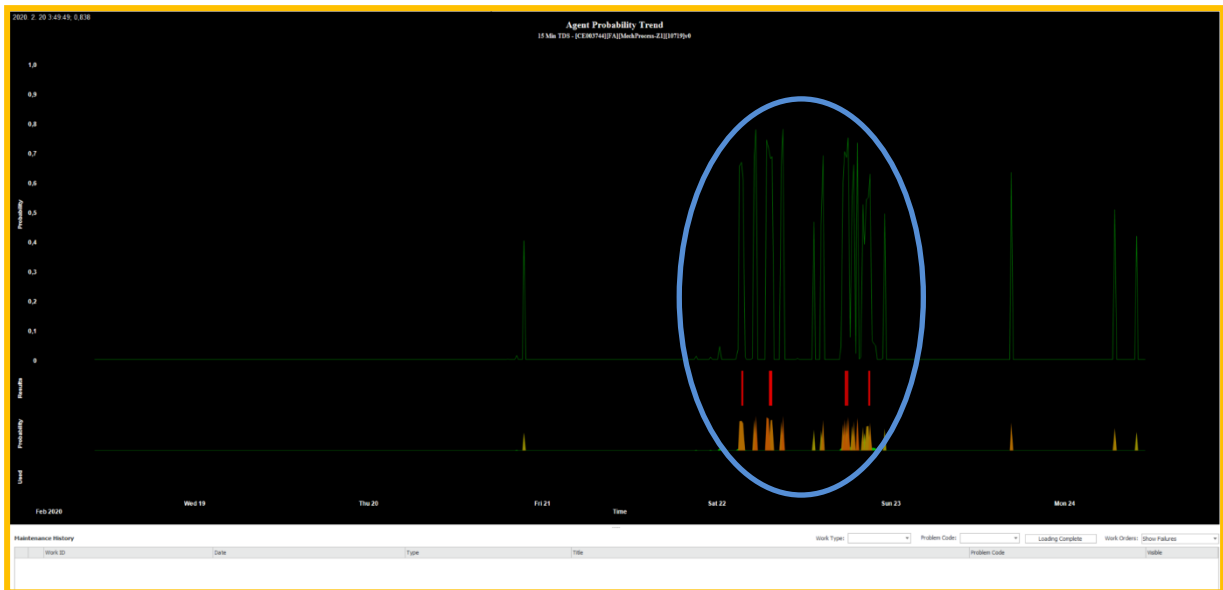
Obr. č. 3 – Upozornenie na nárast tlakovej diferencie na site kompresora

Failure Agent

Tento typ agenta je presne trénovaný na konkrétne zlyhanie zariadenia. Logika jeho tvorby je rovnaká ako tvorba Anomaly agenta. No úlohou takéhoto agenta je predpovedať prípadnú poruchu alebo haváriu.

Ako bolo spomenuté, týmto prípadom predchádza špecifický vývin, teda vzorec v parametroch a ich hodnotách. Agent potom v trendoch hľadá len tento konkrétny vzorec. Pomocou algoritmov sa snaží takýto vzorec predvídať. Záleží aj na type poruchy. Pokiaľ ide o klasickú mechanickú poruchu – je

možné ju predpovedať oveľa skôr ako poruchy, ktorých vývoj je nárazový (napríklad znečistenie ventilov piestového kompresora).



Obr. č. 4 – Krivka pravdepodobnosti poruchy upchávky

Nevýhodou tohto Failure agenta je, že porucha, na ktorú chceme dostať upozornenie, respektíve predpoveď, sa musí stať aspoň raz. Je to žiaľ nevyhnutné, aby sa na takýchto dátach mohol agent trénovať.

Príklady aplikácie MTELL

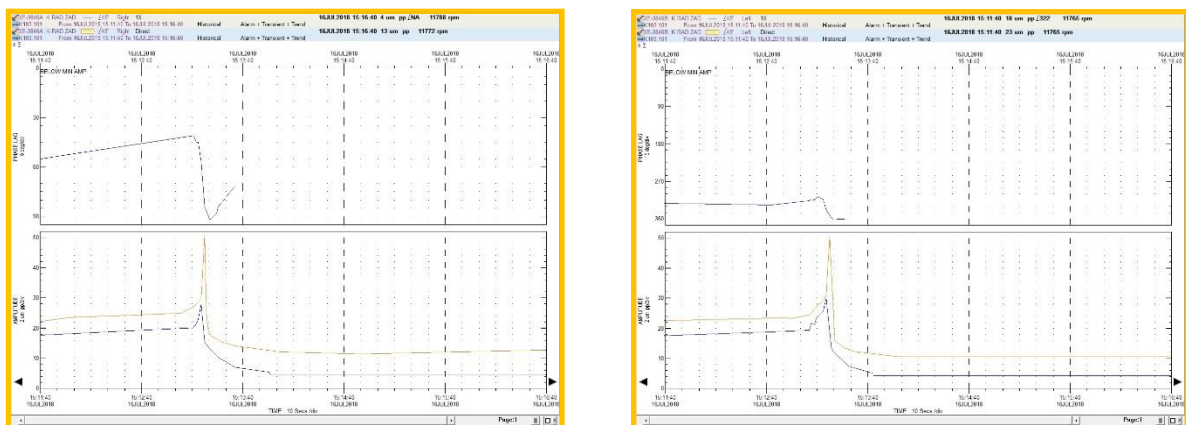
Príklad prvý - udalosti na kompresore

Zariadenie je kompresor recyklového plynu, ktorý stláča a dopravuje vodíkový plyn v jednom kompresnom stupni z vysokotlakového separátora do reakčnej časti výrobnjej jednotky, čím zabezpečuje využitie nezreagovaného vodíka v procese hydrokrakovania. Odstredivý turbokompresor výrobcu Nuovo Pignone je barelového typu s radiálne deleným telesom, s piatimi obežnými kolesami menovitého priemeru 300 mm. Kompresor je poháňaný protitlakovou parnou turbínou, taktiež od výrobcu Nuovo Pignone, s výkonom 3MW, ktorá je spojená s kompresorom zubovou spojkou firmy RENK. Stroje sú namontované na spoločnej základovej doske. Točivý pohyb turbíny zabezpečuje vysokotlaková 3,5 MPa(g) para, ktorá v telese turbíny expanduje na tlak cca 0,4 MPa(g). Otáčky turbíny sú riadené mechanickým governorom Woodward typu PG/PL.

Dňa 16.7.2018 o 15:13 hod. bola spozorovaná mimoriadna udalosť, keď za krátkeho kvílivého zvuku v kompresore nastala skoková zmena v prietoku a zmena tlakových pomerov. Zároveň došlo k zakolísaniu otáčok na kompresore. Skokovú zmenu prevádzkových parametrov sa podarilo zachytiť a systém vyregulovať bez nutnosti obmedzenia chodu výrobnjej jednotky. Následne po udalosti bola zistená pretrvávajúca strata upchávkového oleja v množstve cca 150 litrov/12 hodín, ktorú až do odstavenia kompresora sa nepodarilo eliminovať a zistiť príčinu. K zisteniu príčin neštandardného chodu kompresora boli vykonané analýzy procesných dát technologického uzla kompresora, ktoré nenasvedčovali problém v technológii. Boli taktiež viackrát preverené parametre cirkulačného plynu

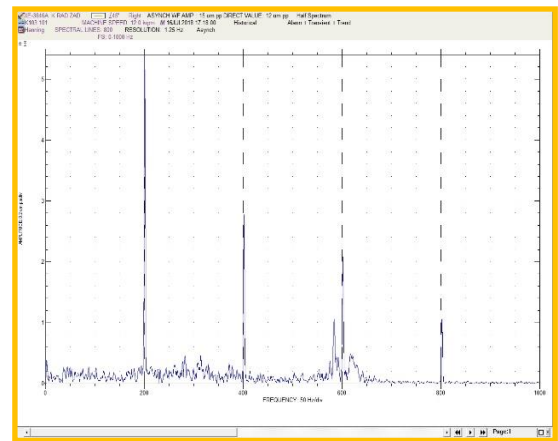
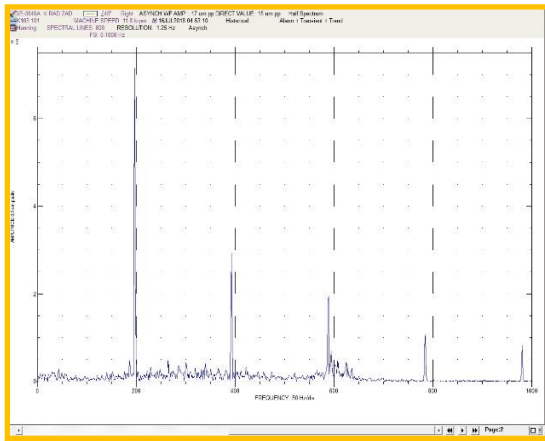
analýzou, či prípadne nedošlo k zmene objemovej hmotnosti plynu, a tým k zmene procesných parametrov. Všetky procesné dáta a veličiny boli opätovne posúdené a preverená ich správnosť. Z dôvodu straty upchávkového oleja bola preverená aj funkčnosť upchávkového systému a kontrola funkčnosti olejových odlučovačov, ako aj vizuálna kontrola celého sústrojenstva.

Nakoľko je kompresor vybavený komplexným diagnostickým systémom Bently Nevada – System1, mechanický chod a stav kompresora bol preverený samozrejme aj diagnostickou kontrolou, na základe ktorej sústrojenstvo kompresora nevykazovalo známky anomálií a z pohľadu relatívnych vibrácií mohlo byť naďalej štandardne prevádzkované. Aj napriek ustáleným trendom vibrácií, ktoré boli v norme, kompresor nedosahoval optimálne výkonové parametre, ktoré ale na druhej strane nepredstavovali podstatné obmedzenia pre chod výrobnjej jednotky. Z tohto dôvodu bolo zástupcami prevádzky a údržby rozhodnuté vo výrobe pokračovať, no s obmedzeniami v prevádzkovaní a so zvýšenou monitorovacou aktivitou. Stále však pretrvávali vážne podozrenia na poškodenie stroja, ktoré sa neskôr aj potvrdili. Z hľadiska vibrodiagnostiky turbosústrojenstvo bolo od predchádzajúcej generálnej revízie v roku 2017 prevádzkované s ustáleným trendom všetkých sledovaných vibračných parametrov. Pričom merané hodnoty relatívnych vibrácií vo všetkých radiálnych smeroch sa pohybovali pri nefiltrovaných vibráciách do 25 μm , a to všetko pri výrobcom stanovených hraniciach 80 μm pre Výstrahu a 130 μm pre Nebezpečenstvo.



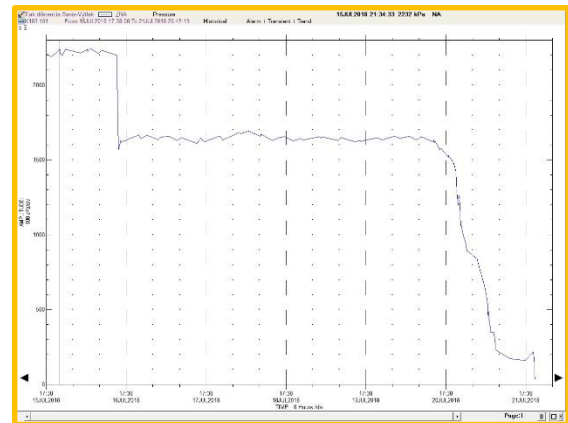
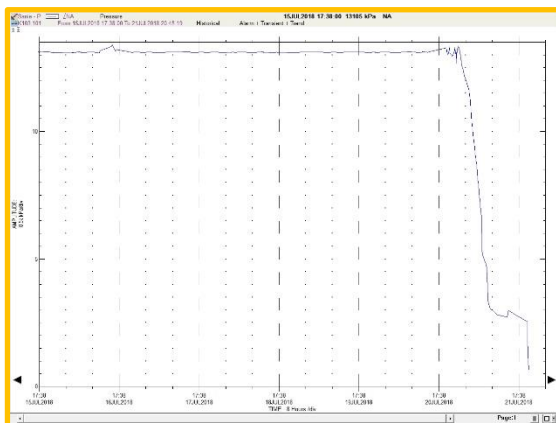
Obr. č. 5 : Radiálne vibrácie na voľnom konci kompresora v čase udalosti

Po zaznamenaní neštandardnej udalosti vibrodiagnostici ihneď vykonali analýzu zaznamenaných údajov. Jedno z prvých zistení bolo, že počas udalosti neboli dosiahnuté žiadne prednastavené alarmové hodnoty. Z toho dôvodu diagnostický systém vykonával iba sekvenčné ukladanie meraných údajov, a tak nedošlo k zaznamenaní údajov uložených v medzipamäti, ani k následnému ukladaniu podrobných meraní. To znamená, že v čase udalosti sa zaznamenávali iba celkové trendové hodnoty. Podrobnejšie údaje (spektrá, orbity a pod.) boli zaznamenané iba s odstupom niekoľkých hodín pred a po udalosti.



Obr. č. 6 : Frekvenčné spektrum na voľnom konci pred (vľavo) a po (vpravo) udalosti

Podrobná analýza naznačila, že síce vibrácie v čase udalosti krátkodobo významne vzrástli zhruba na štvornásobok (hlavne celkové vibrácie), no nedosiahli žiadnu definovanú alarmovú hodnotu a po udalosti sa amplitúdy vibrácií pomerne rýchlo vrátili na porovnateľné hodnoty s hodnotami pred udalosťou a zariadenie sa vrátilo k prevádzke pri nízkych vibráciách. Trvalo sa zmenili iba prevádzkové parametre – hlavne pokles tlakovej diferencie. Na základe týchto údajov bola vyslovená domnienka, že na kompresore došlo k strate integrity na jednom z obežných kolies.



Obr. č. 7: Tlak na saní kompresora a tlaková diferencia na kompresore

Dňa 20.7.2018 bola odstavená jednotka Hydrokrak. Hlavným dôvodom odstavenia boli netesnosti na inom technologickom zariadení. Súčasne s opravou tohto zariadenia sa pristúpilo k inšpekcii kompresora, ktorej prvotným cieľom bolo zistenie dôvodu netesnosti olejových upchávok. Výsledkom inšpekcie však bolo potvrdenie straty integrity 1. obežného kolesa, spolu so stratou integrity 1. medzisteny, a tým aj nutnosť väčšej opravy.

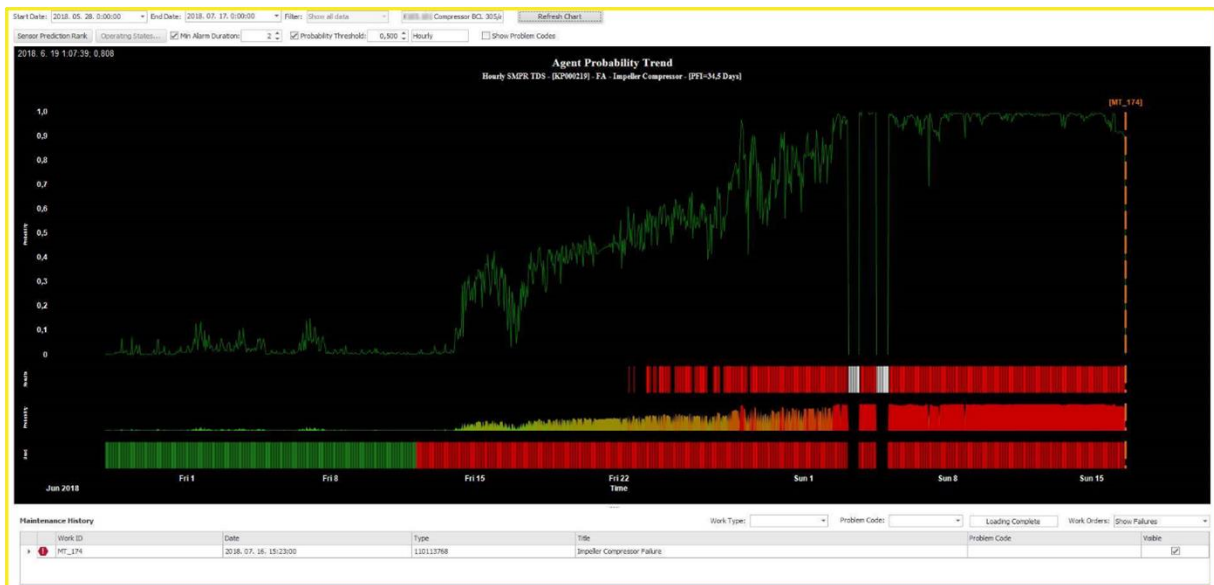


Obr. č. 8: Zaznamenané poškodenia na komponentoch kompresora

Pri pohľade iba z hľadiska klasickej vibrodiagnostiky sa zdá, že i keď je zariadenie osadené monitorovacím a diagnostickým systémom na vysokej úrovni, aj napriek tomu môže vzniknúť poškodenie vedúce k deštrukcii častí kompresora bez predchádzajúcej signalizácie.

Ale zavedenie diagnostiky na základe strojového učenia naznačuje zmenu. Keďže to bola havária so značným ekonomickým dopadom, tak tento kompresor bol jedným z prvých zariadení, na ktoré bol v podniku systém strojového učenia nasadený. Po spracovaní všetkých potrebných vstupných údajov sa pristúpilo k vytvoreniu Failure agenta pre tento typ poruchy, jeho trénovaniu a dostupné údaje sa nechali spracovať systémom strojového učenia.

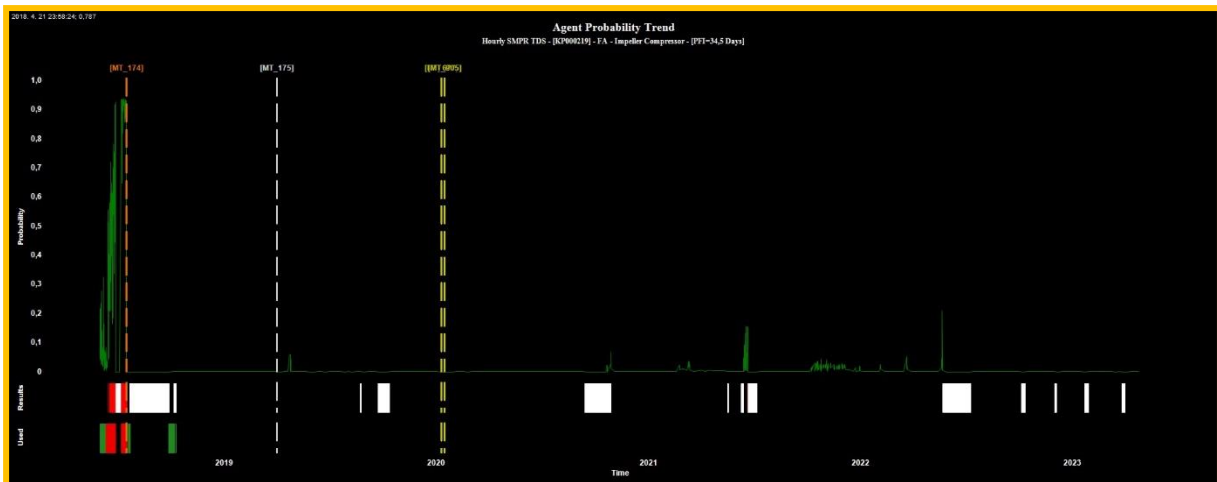
Na nasledujúcom obrázku je zobrazený priebeh krivky pravdepodobnosti pre poruchu straty integrity obežného kola 1. stupňa.



Obr. č. 9: Priebeh pravdepodobnosti pre poruchu straty integrity obežného kola 1. stupňa

Ako je vidno, tak krivka pravdepodobnosti dosiahla hodnoty okolo 100 % už cca. 14 dní pred udalosťou a alarmovanie bolo cca. 20 dní vopred.

Keďže obmedzenie tejto metódy je v skutočnosti, že sledovaná udalosť sa musí aspoň raz vyskytnúť, tak nás zaujíma situácia po oprave. Na nasledovnom obrázku je krivka pravdepodobnosti od spustenia do prevádzky po oprave až do súčasnosti.



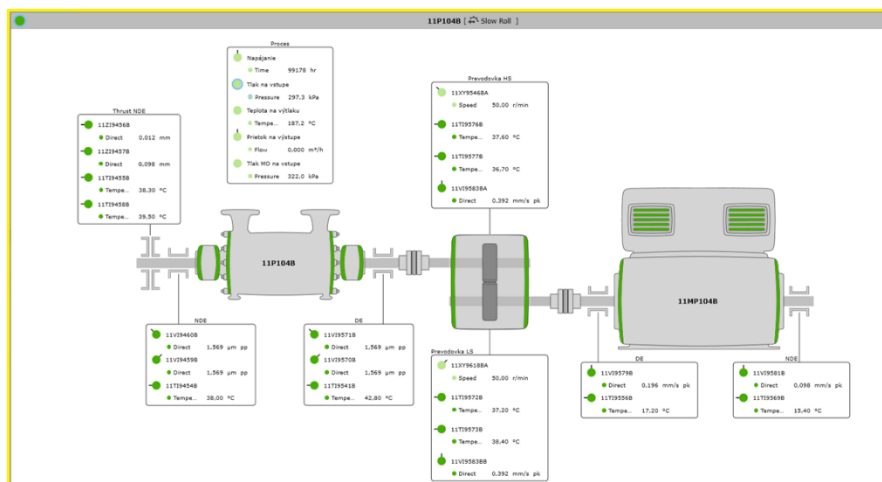
Obr. č. 10: Priebeh pravdepodobnosti pre túto poruchu po spustení do prevádzky

Je zrejmé, že od spustenia sme nezaznamenali prakticky žiadnu pravdepodobnosť výskytu tejto poruchy. Čo nás samozrejme teší.

Príklad druhý – poškodenie upchávky na veľkom čerpadle

V tomto príklade ide o tri nástrekové čerpadlá na prevádzke Hydrokrakovanie ťažkých zvyškov, ktoré zabezpečujú nástrek média (vákuového zvyšku) do reaktorov. Výrobcom je firma Ingersoll Dresser a sú barelového typu s vodorovnou deliacou rovinou a radiálne deleným vonkajším telesom. Každé čerpadlo ma 10 stupňov. Cez mechanickú spojku Metastream ich poháňa buď elektromotor s výkonom 1,35 MW cez prevodovku alebo turbína s výkonom 1,255 MW. Čerpadlá sú vyhotovené podľa normy API 610 a dopravujú médium o nominálnej teplote 280 °C.

Nakoľko ide o kritické zariadenia pre chod prevádzky, sú aj tieto čerpadlá vybavené trvalo nainštalovaným monitorovacím systémom Bently Nevada System1.



Obr. č. 11: Základná obrazovka monitorovacieho systému BN System1 pre nástrekové čerpadlo

Údaje o vibráciách, získané cez on-line monitorovací systém, umožňujú spoľahlivo predpovedať výskyt porúch ako nevývaha (zanášanie obežných kolies), nesúososť či poškodenia ložísk. No pomerne častou poruchou je zlyhanie mechanických upchávok. Táto porucha sa ale zjavne zväčšenými vibráciami prejavuje až pri veľmi rozvinutej poruche, keď v dôsledku znečistenia už dochádza k veľkej netesnosti a znečisteniu upchávok.

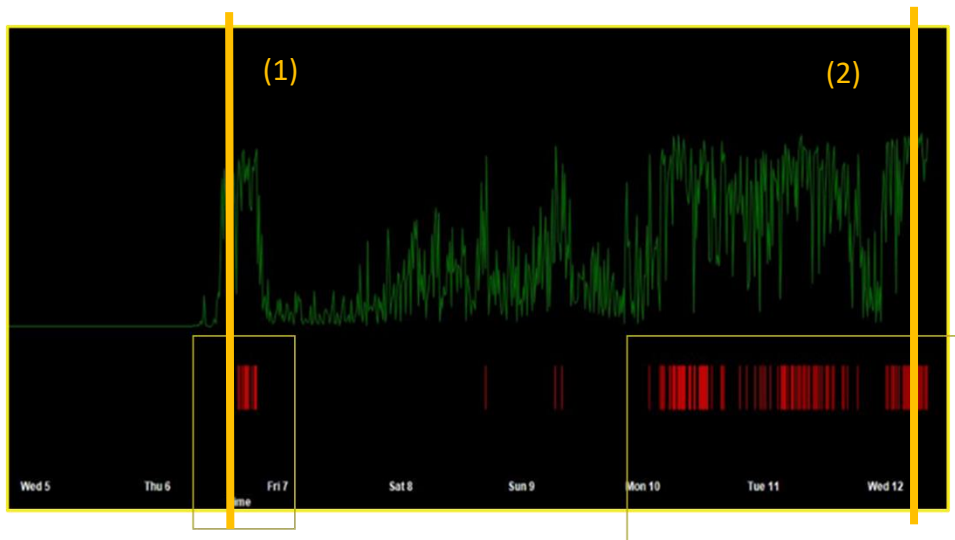


Obr. č. 10: Príklad znečistených mechanických upchávok z tohto čerpadla

Keďže ide o kritické zariadenia, aj na tieto zariadenia bol nasadený systém MTELL. Pričom jedným z nasadených agentov je aj Failure agent na poškodenie mechanickej upchávky.

Pretože podmienkou pre natréňovanie Failure agenta je, aby daná porucha, ktorá by mala byť predikovaná, sa stala aspoň raz, tak boli využité údaje zaznamenané pred poruchou upchávky začiatkom roku 2020. Vtedy systém zaznamenal vývoj jednotlivých trendov pred poruchou. Následne sa pomocou rôznych algoritmov spustila predikcia pre túto poruchu – Failure agent.

Na obrázku č. 11 je zobrazená krivka pravdepodobnosti ako výstup z tohto agenta pre zlyhanie upchávky. Je vidno, že prvý alarm prišiel 6.8.2020 okolo 16:00. Tento alarm je možné interpretovať v zmysle, že zaznamenané trendy jednotlivých veličín, po matematickom spracovaní, naznačujú pravdepodobnosť zlyhania upchávky nad 40 % (1). Na grafe je dosiahnutie hodnoty pre alertovanie zobrazené červenou čiarou v spodnej časti grafu pod zobrazením krivky pravdepodobnosti. A 12.8.2020 vonkajší operátor zaznamenal únik média cez upchávku čerpadla (2), čím bola potvrdená predikcia tohto agenta.



Obr. č. 12: Zobrazenie trendu pravdepodobnosti pre zlyhanie upchávkvy

Záver

Postupný rozvoj používania princípov umelej inteligencie a strojového učenia v rôznych ekonomických, technických a lekárskech oblastiach prináša stále viac poznatkov o možnostiach, ale aj obmedzeniach tejto technológie.

Oblasť diagnostiky strojného zariadenia pomocou princípov strojového učenia v priemyselných podnikoch je ďalšou perspektívnou metódou k už zavedeným diagnostickým metódam, čo môže významne zvýšiť spoľahlivosť a bezpečnosť prevádzkovania priemyselného zariadenia.

Použitá literatúra:

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Aspen_Technology
- [2] <https://www.aspentech.com/en/resources/video/introduction-to-aspen-mtell>

Autor:

Ing. Dušan Gerlachovský
 Vedúci oddelenia
 SLOVNAFT MONTÁŽE A OPRAVY a.s.
 Vlčie hrdlo 1
 820 03 Bratislava 23
 Tel.: +421 917 921124

E-mail: dusan.gerlachovsky@mao.slovnaft.sk



INVENTARIZÁCIA EMISIÍ METÁNU

František ŠUCHA

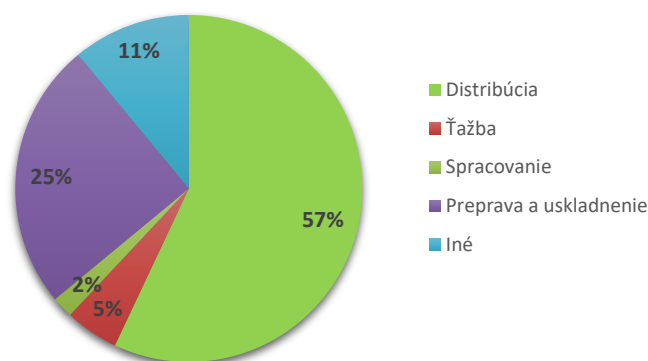
Anotácia

Inventarizácia emisií metánu je dôležitá, pretože poskytuje relevantné informácie o množstve metánu, ktoré sa uvoľňuje do ovzdušia v rámci procesov ťažby, prepravy a využívania plynu. Tieto informácie môžu byť použité na identifikáciu problematických oblastí a na stanovenie opatrení na zníženie emisií metánu.

Kľúčové slová: metán, redukcia únikov, inventarizácia

1. Úvod

Od polovice 90. rokov emisie CH_4 čiastočne klesali v dôsledku prijatia prvej stratégie EÚ v oblasti metánu zverejnenej v roku 1996. V rámci tejto stratégie sú všetky členské štáty EÚ povinné monitorovať a hlásiť svoje emisie skleníkových plynov vrátane emisií CH_4 v rámci mechanizmu EÚ na monitorovanie podnebia, ktorý stanovuje vlastné vnútorné pravidlá podávania správ na základe medzinárodne dohodnutých povinností (usmernenia IPCC).



Obr.1: Prerozdelenie emisií CH_4 plynárenského sektora v EU za rok 2018

Táto stratégia však dosiahla menší úspech než sa predpokladalo, pretože úroveň zníženia emisií nenaplnila celkom očakávania. „Nariadenie o zdieľaní úsilia“ sa dnes týka CH_4 na úrovni členských štátov so záväznými cieľmi pre rôzne odvetvia. Podľa platných právnych predpisov sa očakáva, že emisie CH_4 klesnú do roku 2030 približne o 25% z úrovne v roku 2005.

Európsky ekologický dohovor zverejnený v decembri 2019 označil emisie CH_4 súvisiace s energiou za dôležitú otázku na dekarbonizáciu plynárenského sektora, ktorá si vyžaduje urýchlenú iniciatívu zo strany Európskej komisie (EK), s tým že globálne spoločenstvo nemôže dosiahnuť ciele v oblasti klímy zameriavaním sa len na emisie CO_2 . Zníženie emisií CH_4 v energetickom sektore by mohlo byť cenným príspevkom k zvýšenej ambícii EK ako súčasť Európskeho ekologického dohovoru znížiť emisie skleníkových plynov do roku 2030 o 50 – 55% voči roku 1990.

V súčasnosti sú diskutované postupy zamerané na znižovanie emisií metánu v rámci energetického sektora. Pripravujú sa konkrétne návrhy postupov, ktoré sa skladajú z dvoch častí:

- zlepšiť dostupnosť a presnosť informácií o konkrétnych zdrojoch emisií metánu spojených s energiou spotrebovanou v EÚ;
- zaviesť povinnosť pre spoločnosti EÚ znižovať tieto emisie.



Obr. 2 Potrubný dvor kompresorovej stanice

Koalícia pre klímu a čisté ovzdušie (CCAC) vytvorila dobrovoľnú iniciatívu (OGMP - The Oil and Gas Methane Partnership), ktorá má pomôcť spoločnostiam znížiť emisie metánu v ropnom a plynárenskom priemysle. Partnerstvo vzniklo na klimatickom summite generálneho tajomníka OSN v New Yorku v septembri 2014 a bolo zamerané na organizácie zaoberajúce sa ťažbou ropy a zemného plynu.

So zvýšeným povedomím a lepších znalostiach o vplyvoch metánu na životné prostredie sa členovia OGMP v januári 2020 dohodli na rozšírení rámca pre vykazovanie OGMP 2.0 ako platformu pre vykazovanie zlatého štandardu pre metán. OGMP sa tiež viac zameria na partnerstvo s národnými ropnými spoločnosťami a na rozšírenie svojho dosahu na midstream a downstream sektor.

V novembri 2020 sa na dobrovoľnej báze Eustream pripojil k OGMP 2.0 ako dôležitý prevádzkovateľ plynárenskej prepravnej infraštruktúry na Slovensku a v rámci EÚ.

2. Vykazovanie emisií podľa OGMP 2.0

Plynárenský priemysel vykonáva identifikáciu, detekciu, kvantifikáciu, vykazovanie a znižovanie emisií metánu už dlhšiu dobu ako bezpečnostnú požiadavku.

Počas posledných mesiacov GIE a MARCOGAZ, spolu s niektorými organizáciami vyvíjali slovník o emisiách metánu, aby bolo možné použiť harmonizované definície uplatniteľné v celom plynárenskom reťazci. Tento dokument bude zverejnený v krátkom čase. MARCOGAZ vypracoval príručku k programu LDAR (Leak Detection and Repair).

Prioritou je zavedenie dobre štruktúrovaného a na daný účel vhodného systému MRV (meranie, vykazovanie a overovanie) v EÚ, ktorý by mal platiť paralelne so znižovaním emisií metánu.

Pokiaľ ide o systém MRV, OGMP podporuje jeho začlenenie do právnych predpisov EÚ tak, aby bol použiteľný pre celé dodávateľské reťazce energie (od upstreamu po downstream). To umožní zlepšiť presnosť vykazovania, ako aj dôveryhodnosť údajov, pričom všetky vykazované emisie súvisiace s energetickým sektorom budú zastrešené budúcim Medzinárodným observatóriom emisií metánu (IMEO).

Aby sa zabránilo duplicitě pri vykazovaní emisií a obmedzila sa administratívna záťaž, mali by sa v budúcnosti prepojiť správy IMEO a národné inventárne správy emisií skleníkových plynov.

V priebehu roku 2020 GIE a MARCOGAZ podporovali UNEP a EK pri rozširovaní rámca OGMP na plynárenský segment mid a downstream. V tejto súvislosti MARCOGAZ vyvinul šablónu na vykazovanie emisií metánu a príručku o tom, ako ju vyplniť. Dnes je viac ako 100 spoločností pripojených k OGMP 2.0 na dobrovoľnom základe.

2.1 Identifikácia a kategorizácia emisií CH₄

Vo všeobecnosti je možné emisie metánu rozdeliť do troch kategórií:

- **Fugitívne** (náhodné) emisie
emisie zo zariadení alebo komponentov z dôvodu poruchy tesnosti;
- **Odvetrané** (zámerné) emisie
emisie z dôvodu konštrukcie zariadenia alebo prevádzkových postupov (napr. odvetranie potrubia na účely kontroly a údržby, ...);
- **Neúplné emisie zo spaľovania**
emisie, ktoré vznikajú pri nedokonalom spaľovaní zemného plynu v technologických zariadeniach.

Tabuľka 1 poskytuje prehľad emisií CH₄, ktoré sú v systémoch prepravy plynu, termináloch na skvapalnený zemný plyn a podzemných zásobníkoch.

Kategoríe metánových emisií			
	Fugitívne	Odvetranie	Neúplné spaľovanie
Preprava a uskladnenie (zahŕňa kompresorové stanice, regulačné a meracie stanice, potrubia, podzemné zásobníky)	Komponenty (ventily, príruby, spojenia, ...)	Kompresory; Údržba; Pneumatické ovládanie; Poruchy/havárie; Plynové analyzátory	Stacionárne spaľovacie zariadenia (turbíny, kotle, ...) Fakle

Tab.1: Základné typy emisií (platí pre TSO)

2.2 Detekcia metánových emisií

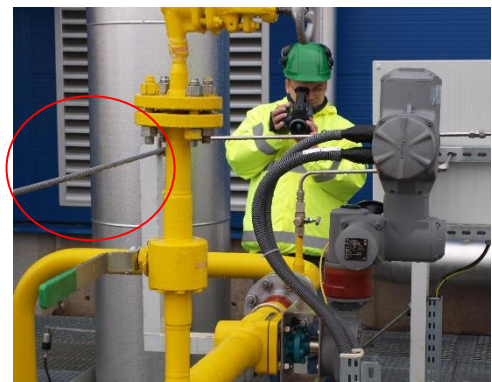
Detekcia a meranie emisií CH₄ je základnou výzvou. Technológie, ktoré môžu zabrániť odvetraným a fugitívnym emisiám, sú pomerne dobre známe.

Emisie z odvetrávania a neúplného spaľovania sú jednoznačne dané typom zariadení a jednotlivými procesmi. Na druhej strane, kvôli svojej povahe si fugitívne emisie vyžadujú identifikáciu a detekciu použitím rôznych metodík.

Metodika na lokalizáciu a kvantifikáciu únikov plynu (LDAR – Leak Detection and Repair) je detekcia, lokalizácia a plánovanie opravy únikov plynu. LDAR pozostáva z monitorovacieho zariadenia, plánovania údržby a opráv. Typický program LDAR zahŕňa komplexné skenovanie plynárenskej technológie kde môžu vznikať fugitívne emisie. Ako monitorovacie zariadenia sa používa napr. optický zobrazovací systém (OGI – upravená infračervená kamera), ktorý zviditeľňuje úniky CH_4 aby sa zistili úniky na úrovni komponentu.



Obr. 3. Identifikácia úniku



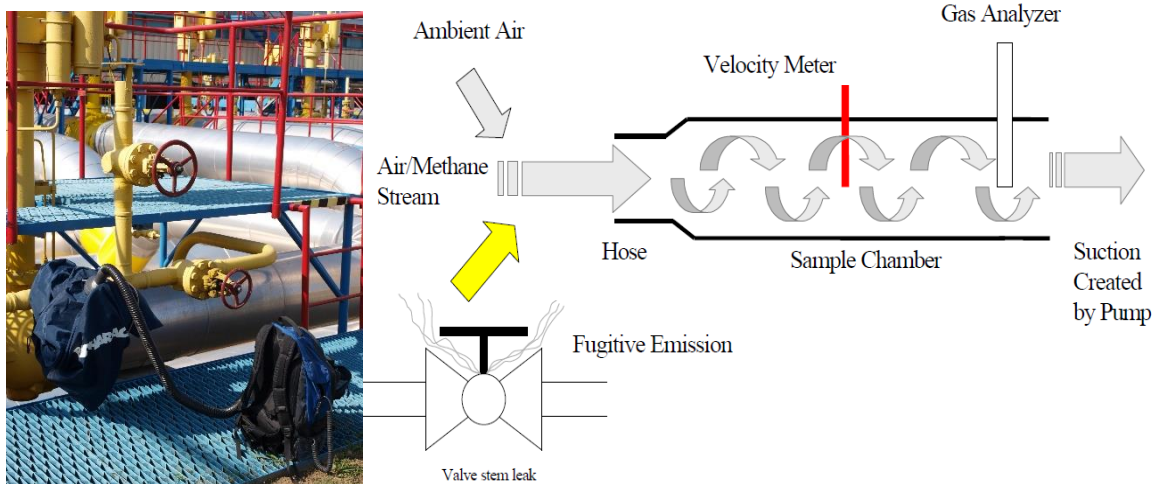
Obr. 4. Lokalizácia úniku

2.3 Kvantifikácia metánových emisií

V plynárenskom priemysle EU je preferovaný pre kvantifikáciu emisií CH_4 prístup „zdola nahor“. Ponúka sa ako základ pre úspešné riadenie emisií. Systém kvantifikácie na úrovni prvkov ponúka informácie na vyhodnotenie možnosti zníženia emisií CH_4 .

Emisie CH_4 zo zariadení je možné kvantifikovať:

- **Meraním:** množstvá emisií sa merajú pomocou detektorov metánu (údaje je možné zbierať aj pomocou prístrojov, ako sú online pripojené prietokomery alebo tlakomery)
- **Výpočtom:** prevádzkové údaje sa používajú na priamy výpočet emisií daného zdroja, napr. v prípade odzdušnenia časti potrubia možno množstvo emisií metánu presne odvodiť od objemu časti potrubia, od tlakových a teplotných pomerov v konkrétnej časti potrubia počas tejto udalosti.
- **Modelovaním:** emisie sa modelujú pomocou emisného faktora vynásobeného faktorom aktivity, t.j. počtom komponentov alebo počtom udalostí.



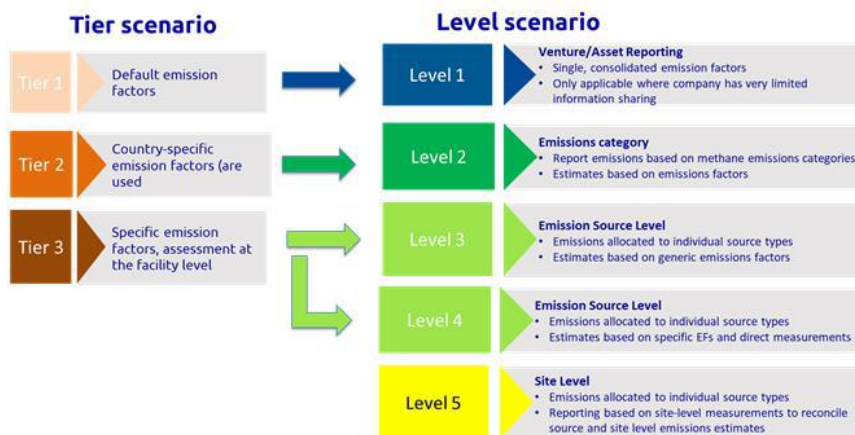
Obr. 5. Kvantifikácia úniku plynu meraním – Hi Flow Sampler

2.4 Vykazovanie

Prioritným cieľom je zabezpečiť, aby spoločnosti uplatňovali naprieč odvetvami podstatne presnejšie metodiky na meranie a vykazovanie emisií metánu než tie, ktoré sa používajú v súčasnosti. V súčasnosti sú pravidlá na podávanie správ zjednotené v usmernení IPCC (3 úrovne).

Nový štandard OGMP (OGMP 2.0) zaväzuje členské spoločnosti k presnejšiemu a podrobnejšiemu vykazovaniu emisií metánu pri prevádzkovaných a neprevádzkovaných aktívach za posledné tri, respektíve päť rokov. OGMP od plynárenských spoločností vyžaduje aby kategorizovali svoje výkazy podľa 5 rôznych úrovní.

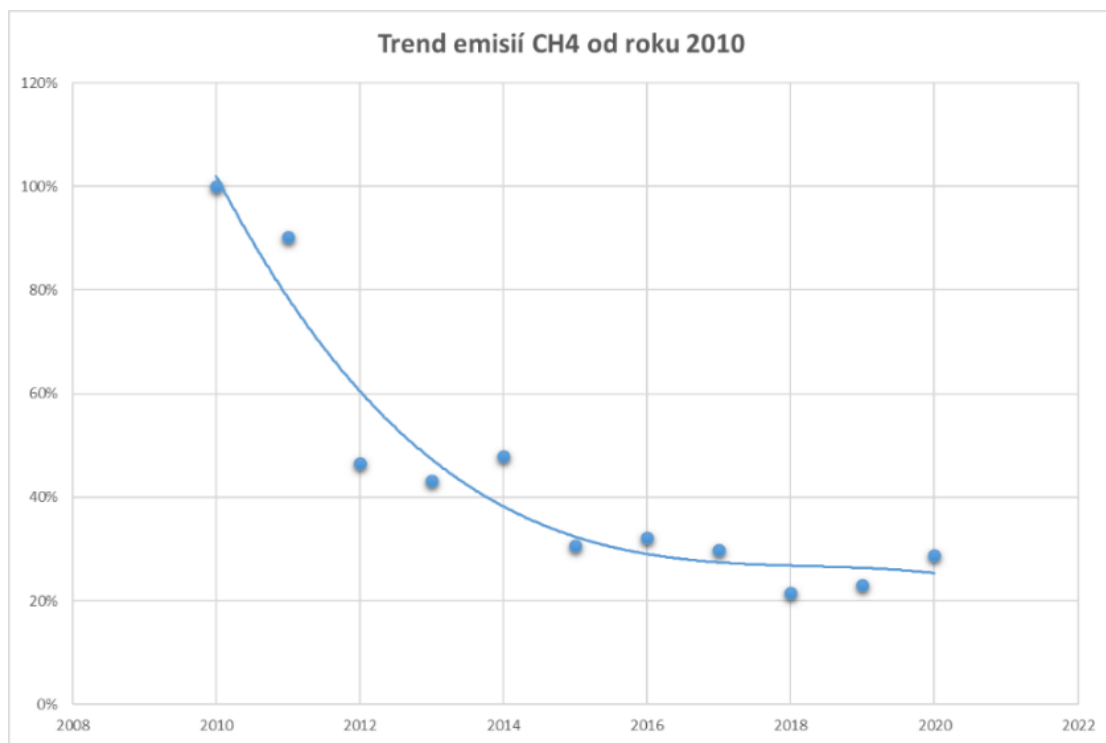
Postup z úrovne 1 do úrovne 5 predstavuje zníženie neistoty odhadov skleníkových plynov. Cieľom OGMP je dosiahnuť tzv. zlatý štandard na úrovni 4/5 čo znamená, že každá plynárenská a naftová spoločnosť v Európe by mala kvantifikovať emisie metánu pomocou dôsledného hodnotenia zdola nahor na úrovni zariadenia vrátane identifikácie a špecifikácie zdrojov emisií, počte zariadení a meraní množstva emisií na jednotlivých typoch zariadení.



Obr.6. Vzťah medzi prístupom IPCC a vykazovaním OGMP

3. Znižovanie emisií CH₄ v rámci spoločnosti Eustream

Koncom 90-tých rokov sa v našej spoločnosti začal proces postupného znižovania vypúšťania zemného plynu do ovzdušia nákupom prvého prečerpávacieho kompresora. Naše aktivity v znižovaní emisií metánu sa zintenzívnili v roku 2010 zavedením LDAR programu a rozšírením techniky na prečerpávanie zemného plynu. Navyše od roku 2010 prešla prepravná sieť značnou optimalizáciou a modernizáciou zameranou na kompresorové stanice (KS). Výsledkom celého procesu bolo postupné odstavovanie zastaranej, menej účinnej technológie a jej nahradenie modernými, vysokoúčinnými technológiami na prepravu zemného plynu. Všetky tieto kroky sa prejavili na vývoji metánových emisií, ktorých trend od roku 2010 má klesajúci charakter (pozri graf č.1).



Graf :1 : Vývoj emisií metánu od roku 2010 v %

Niektoré s využívaných možností znižovania emisií CH₄ v spoločnosti Eustream:

- Prečerpávanie mobilnými kompresormi,
- Lokalizácia, kvantifikácia a odstraňovanie "fugitívnych" únikov,
- Uzatváracia technológia.

4. Záver

Dobrovoľným vstupom do OGMP 2.0 spoločnosť Eustream preukázala a potvrdila svoje dlhotrvajúce a trvalé úsilie v znižovaní emisií metánu. Naším členstvom sme sa zaviazali trvale znižovať emisie metánu a zvyšovať úroveň vykazovania.

Podľa rámca pre podávanie správ OGMP 2.0 budú priemyslu, občianskej spoločnosti a vládám poskytované podrobnejšie a transparentnejšie informácie o emisiách metánu s dlhodobým cieľom stimulovať používanie zemného plynu s čo najmenšou intenzitou emisií metánu.

Z tohto dôvodu vítame úsilie vedúce k štandardizácii súvisiacich procesov a ďalšiemu vývoju transparentnejších postupov v tejto oblasti. Eustream podporuje iniciatívu OGMP 2.0 ako spôsob koordinovaného a globálneho úsilia, v ktorom budú v určitom okamihu zapojení nielen všetci prepravcovia zemného plynu. Eustream v akčnom pláne dokumentuje úsilie v štruktúre požadovanej OGMP 2.0 a rozpracováva alebo smeruje k zlepšeniu štandardov podávania správ, ako aj náš záväzok znížiť našu uhlíkovú stopu stanovením cieľa zníženia emisií metánu.

Použitá literatúra:

- [1] The Intergovernmental Panel on Climate Change – Medzivládny panel o zmene klímy
- [2] Source: EEA, Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2018 and inventory report 2020, Submission to the UNFCCC Secretariat, 27 May 2020.
<https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2020/#additional-files>
- [3] REGULATION (EU) 2018/842 of 30 May 2018 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation (EU) No 525/2013
- [4] Source: STAKEHOLDER MEETING ON A STRATEGIC PLAN TO REDUCE METHANE EMISSIONS IN THE ENERGY SECTOR 20 March 2020,
https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/energy_climate_change_environment/events/documents/stakeholder_meeting_invitation_methane_20march2020.pdf
- [5] Guidance for using the Marcogaz methane emissions reporting template

Autor:

Ing. František Šucha
technik diagnostik TS
eustream, a.s.
Votrubova 11/A, 821 09 Bratislava
Tel.: 0905 400 742 E-mail: frantisek.sucha@eustream.sk

NATIERATEĽNÁ IZOLÁCIA, LEPENIE KONZOL NAMIESTO PRIVARENIA, SUPERWRAP II - NOVÉ BELZONA RIEŠENIA PRE ÚDRŽBU

Michal ABRAHÁMFY

Natierateľná izolácia

Potrubie pod klasickou izoláciou skoro vždy začne vplyvom vlhkosti a poveternostných podmienok hrdzaviť, je celé zasolené, objaví sa poškodenie jamkovou koróziou. Môže sa vyskytnúť problém s chýbajúcou (odpadnutá, strnutá,...) izoláciou. Prevádzka často nemá čas dať túto izoláciu do poriadku, nemá k dispozícii špecialistov a v prípade zložitých tvarov ani chuť ju opraviť... Ak má potrubie vysokú teplotu a niekto sa ho dotkne nechránenou rukou môže dôjsť k vážnemu úrazu. Spoločnosť Belzona ponúka ako ochranu pred popálením produkt Belzona 5871, ktorý nepotrebuje na realizáciu špecialistov, nevytvára tzv. koróziu pod izoláciou (nezhromažďuje sa tam kondenzát, izolácia nie je taká náchylná na poškodenie), nanesie sa štetcom (pri veľkých plochách sa dá striekať), je použiteľná do teploty potrubia 150°C a funkčná je aj pre mínusové teploty.



Obr. 1 Natierateľná izolácia na rozvetvenom potrubí

Ak by bola potreba, môže byť aplikovaná za prevádzky na živé potrubie (počas nanášania by teplota nemala byť vyššia 90°C). Údržba takejto natierateľnej izolácie je jednoduchšia, menej náročná na čas a aj tých odborníkov... Nie je to náhrada za každú izoláciu a každý prípad teplo/chlad, ktorý sa pri potrubíach vyskytne, ale určite sa nájde veľa možností, kde benefity tohto produktu užívateľ ocení (obr. 1 a 2).



Obr. 2 Aplikácia produktu Belzona 5871 na komplikovanú plochu



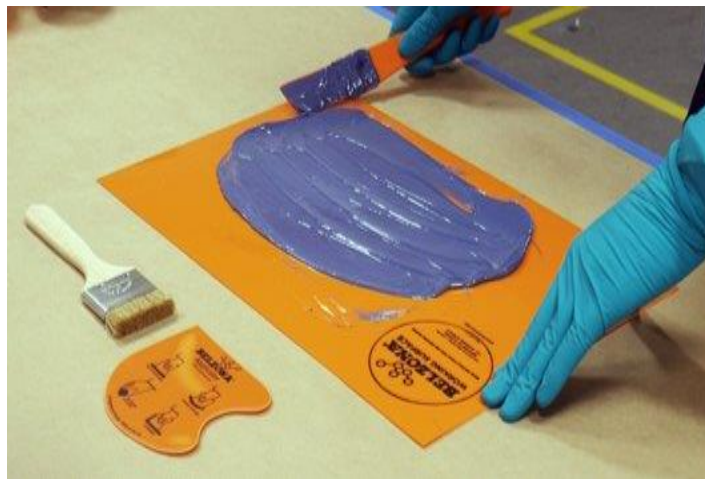
Obr. 3 Izolácia v priereze

Lepenie konzol namiesto privarenia

Na prevádzke sa často vyskytne požiadavka pripevniť schody, podpery alebo nosníky na nejakú nádrž resp. väčšie potrubie. Za normálnych okolností to nie je žiadny problém, tieto predmety sa jednoducho privaria. Ak je to však potrebné vykonať rýchlo (obr. 4 a 5), bez tepelného ovplyvnenia steny, bez nejakých veľkých špecialistov a pri zaťažení od nebezpečenstva výbuchu, môže to byť veľká hádanka.

A ešte je tu jedna komplikácia: Pri priváraní plošnej tabule zostane pod ňou vždy prázdny priestor, ktorý sa môže postupne vyplniť vlhkosťou (ak je vo zvere poškodenie), čo naštartuje korozívny proces.

Pre takéto okolnosti navrhujeme použiť produkt Belzona 7311, ktorý je optimalizovaný na lepenie materiálov kov – kov, ideálne sa hodí na lepenie plôch vystavených cyklickému a opakovanému zaťaženiu (obr. 6).



Obr. 4 Jednoduché zamiešanie produktu Belzona 7311



Obr. 5 Aplikácia produktu Belzona 7311



Obr. 6 Prilepenie konzoly bez tepelného ovplyvnenie steny nádrže

Belzona SuperWrap II

Spoločnosť Belzona ponúka riešenie aj na problémy, keď je poškodené potrubie alebo potrubie so stenou hrubou niekoľko mm pod predpísanou normou alebo potrubie je poškodené pitingom. Ťažkosť môže byť ešte viac ak sa k tomu pridá požiadavka na časovú úsporu alebo sa vyskytne aj problém so zložitým tvarom potrubia... Ponúkame riešenie Belzona SuperWrap II - jedinečná kombinácia 100% tuhej živice, vystuženej vrstvou z uhlíkových a sklenených vlákien, ktorá zaisťuje rýchlu a jednoduchú aplikáciu. Realizovanie systému Belzona SuperWrap II sa môže vykonať certifikovane v súlade s normami ISO 24817 a ASME PCC-2. Vtedy je záruka na uskutočnenú opravu aj 20 rokov. Toto si však vyžaduje certifikovaný personál (projektant, aplikátor, kontrolór, obr. 7) a stanovenú dokumentáciu.



Obr. 7 Pre návrh, aplikáciu a kontrolu systému Belzona SuperWrap II je potrebné, aby pracovníci prešli certifikačnými kurzami

Ale realizácia systému Belzona SuperWrap II sa môže vykonať aj bez garancie systému ISO, vtedy je záruka životnosti stanovená na základe odborného posúdenia a dohody medzi prevádzkou a vykonávateľom (obr. 8 a 9).



Obr. 8. Po nanesení vrstiev z uhlíkových a sklenených vlákien je potrebné, aby tieto vytvrdli pod špeciálnou umelohmotnou páskou



Obr. 9. Finálna podoba systému Belzona SuperWrap II

Pre zaujímavosť ešte spomenieme, ako naši kolegovia opravili prasknutú hlavu výmenníka (novú ocenili na 72 000 € a čas dodávky na 6 mesiacov, obr. 10). Oprava samotnej praskliny sa uskutočnila klasickým spôsobom spolu so zatmelením. Potom bol aplikovaný systém Belzona SW II z oboch strán, v 6 vrstvách v priebehu pár dní. Vzhľadom na chemicky agresívne médium bol z vnútornej strany nanesený ešte produkt Belzona 1593 (obr. 11 a 12).



Obr. 10 Prasknuté veko výmenníka



Obr. 11 Systém Belzona SW II aplikovaný z oboch strán veka



Obr. 12 Opravené veko s vnútorným náterom Belzona 1593

Porovnajme systémy (potrebné činnosti): výmena potrubia vs. Belzona SW II

Výmena potrubia (zváranie)	Belzona SW II
Odstavenie prevádzky	Nemusí byť
Odstránenie horľavých látok z potrubia (preplach, vyparenie,...)	Nemusí byť
Odvarenie poškodených častí	Potrubie treba otryskať
Demontáž a odvoz poškodených častí potrubia	-
Dovoz a príprava nových častí potrubia	-
Dovoz potrebnej techniky a príprava na zváranie	Dovoz potrebnej techniky na realizáciu systému Belzona SW II a príprava
Navarenie	Aplikácia systému Belzona SW II
Ochranný náter	-

Na základe hore uvedeného sa dá povedať, že systém Belzona SW II podstatne šetrí čas a reálnym dosadením nákladov v jednotlivých položkách by sme prišli na to, že aj finančné prostriedky.

Autor:

Michal Abrahámfy
SLOVCEM, spol. s r.o.
www.slovcem.sk

XMatik® PRE RIZIKÁ ŽELEZNIČNÝCH VOZIDIEL

SFÉRA, a.s.

Železničné vozidlá sú vystavené počas svojej prevádzky rôznym vplyvom, ktoré môžu byť príčinou výskytu viac či menej závažných typov porúch, následkom ktorých prichádza ku krátkodobým alebo dlhodobým vyradeniam vozidiel z prevádzky. Elimináciu, resp. úplné vylúčenie niektorých typov porúch je pritom možné dosiahnuť systematickou analýzou, hodnotením a predikciou rizík železničných vozidiel. Takéto procesy ale u viacerých železničných podnikoch absentujú alebo sú vykonávané len formálne a negenerujú výstupy pre prijatie účinných nápravných opatrení.

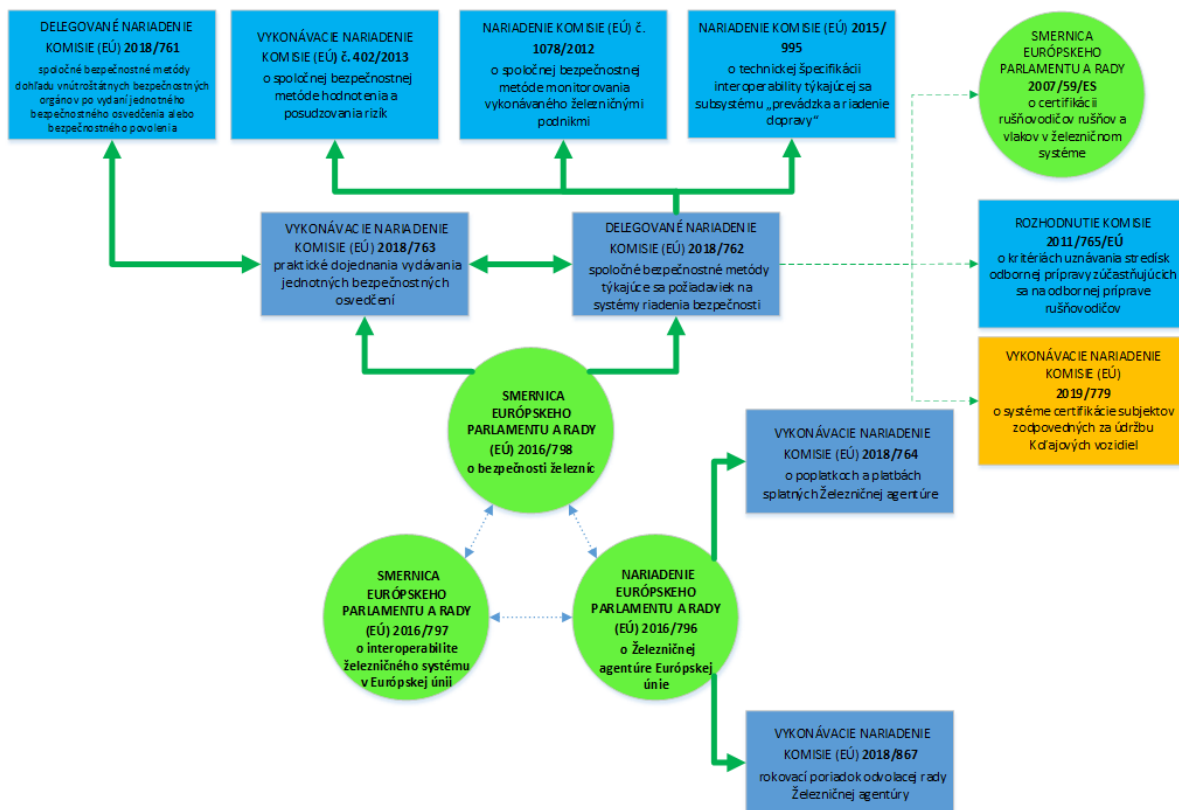
Manuálne zaznamenávaná evidencia vstupných dát pre analýzu a hodnotenie rizík môže byť častokrát nedostatočná a ovplyvnená chybovosťou a subjektívnym názorom ľudského faktora, čo môže vo výraznej miere negatívne ovplyvniť aj manažérske rozhodnutia ohľadom údržby a vyradovania železničných vozidiel. Dôsledkom procesu manuálneho zápisu a spracúvania dát ohľadom rizík môže byť aj nezhoda v procese certifikácie, ktorý vyžaduje aj predloženie dokumentácie spĺňajúcej/zodpovedajúcej legislatívne požiadavky

Riešením, prinášajúcim merateľné výsledky, je systém **XMatik® pre riziká železničných vozidiel**, vyvinutý a dodávaný spoločnosťou SFÉRA, a.s., ktorý ako jediný softvér na trhu automatizuje proces analýzy, hodnotenia a riešenia rizík.

Význam systému z pohľadu legislatívy

Systém **XMatik®** pomáha naplňovať nasledujúce legislatívne požiadavky:

- monitorovanie rizík,
- riadenie rizík,
- priebežné zlepšovanie,
- dokumentovanie,
- informovanie.



Prínos systému

XMatik[®] prináša objektívne výstupy vychádzajúce z automaticky spracovanej širokej škály historických dát, ktoré objektivizuje vzhľadom na počet „sledovaných objektov“ a prispieva k:

- zvýšeniu bezpečnosti prevádzky železničných vozidiel,
- naplneniu legislatívnych podmienok,
- efektívnemu výkonu údržby vozidiel,
- starostlivosti o jednotlivé konštrukčné celky,
- hospodárnemu prevádzkovaní vozidiel,
- vyhodnocovaniu kvality dodávaných dielov a pod.

Vstupné dáta

Zdroj dát tvoria záznamy o udalostiach (**poruchy, opravy, úrazy, incidenty, nehody a iné**), na základe ktorých pristupuje systém objektívne k odhadu pravdepodobnosti vzniku udalosti.

Minimálne potrebné údaje pre využitie uvedenej metodiky sú:

- dátum vzniku udalosti,
- objekt/subjekt/proces/činnosť,
- kód udalosti (popis a trieda závažnosti).

Výstupy systému

Systém poskytuje niekoľko analytických pohľadov na:

- početnosť udalostí,
- závažnosť udalostí,
- identifikáciu kritických celkov,
- podklad pre prediktívnu údržbu,
- vývoj rizík v čase,
- vyhodnotenie efektívnosti zavedených nápravných opatrení.

Cenovo výhodné riešenie

Jednou z výhod systému XMatik[®] pre riziká železničných vozidiel je aj obstarávacia cena, výška ktorej závisí od počtu vozidiel, čím sa softvérové riešenie stáva prístupným aj malým podnikom. Systém môže byť prevádzkovaný na serveroch zákazníka alebo cez cloudové úložisko, ktorého využitím sa klientom znižujú náklady na správu vlastnej serverovej základne. V prípade cloudového riešenia jedinou podmienkou je pripojenie na internet a po zakúpení licencie je systém pripravený na používanie. Licenciu pre používanie systému je možné zakúpiť si aj na obdobie len jedného roka. Cena začína už od 200 €/mesiac.

Ešte pred nákupom je záujemcom k dispozícii demo verzia produktu zdarma.

XMatik[®] je používateľsky prívetivý informačný systém s jednoduchým prístupom do aplikácie s možnosťou:

- **prepojenia s firemnými systémami**
- **prikladania externej dokumentácie**
- **exportovania dát v rôznych formátoch a pod.**

Referencia využitia v železničnej spoločnosti

S cieľom získať softvérové riešenie poskytujúce monitorovanie technických rizík železničných vozidiel, poskytla spoločnosť SFÉRA, a.s. prevádzku informačného systému XMatik[®]. Systém obsahoval moduly pre nákladné a hnacie koľajové vozidlá a prevádzka bola spustená cez cloudové riešenie spoločnosti SFÉRA, a.s.

Do informačného systému boli importované dáta o vozidlách a poruchách, ktoré boli dovtedy evidované železničnou spoločnosťou rôznym spôsobom. Po naplnení dát za obdobie jedného roka sa prostredníctvom systému vypracovala analýza a bol vygenerovaný report hodnotenia technických rizík. Súčasťou reportu bol zoznam kritických porúch.

Tab. 1 príklad zoznamu krit. rizík

Kód poruchy	Popis poruchy	Počet porúch	Podiel na celkovom počte (%)	Počet dotknutých vozňov	Podiel dotknutých vozňov (%)	S	O	RPN
6132	Časti kostry sú poškodené - s prekročením nakladacej miery	597	2,78 %	524	9,13 %	5	5	25
727	Neodstránený zvyšný tovar, ktorý môže ohrozovať bezpečnosť	233	1,09 %	232	4,04 %	5	4	20
5231	Dotyková plocha taniera nárazníka nenamazaná	224	1,04 %	216	3,76 %	5	4	20

Ku každému typu poruchy s kritickou úrovňou rizika boli navrhnuté nápravné opatrenia, ktoré železničná spoločnosť zaviedla do praxe. Implementácia opatrení priniesla merateľné výsledky vo forme zníženia počtu jednotlivých typov porúch. V tab. č.2 sú uvedené typy porúch s najvýraznejším znížením počtu výskytov.

Tab. č.2: Zmena výskytu porúch na železničných vozňoch po zavedení informačného systému XMatik® pre riadenie rizík železničných vozidiel.

Názov poruchy	POKLES výskytu poruchy PO zavedení IS (%)	Počet výskytov porúch	
		PRED nasadením IS	PO nasadení IS
Mechanické poškodenie vozňa	o 89,3 %	168	18
Neodstránený zvyšný náklad, potenciálne ohrozujúci bezpečnosť	o 96 %	239	8
Chýbajúca výstražná značka „Vysoké napätie“ / „Stoj“ na vozňoch s vysokými výstupami	o 98,2 %	1 049	19

Medzi spokojných používateľov systému XMatik® patria: Železničná spoločnosť Cargo Slovakia, a.s., Železničná spoločnosť Slovensko, a. s., Bulk Transshipment Slovakia, a.s. a Rail Consulting s.r.o.

SFÉRA, a.s. – viac než 30 rokov partner pre váš úspech v oblasti dopravných informačných systémov.

LOGISTICKÝ SYSTÉM OBSTARÁVANIA A RIADENIA NÁHRADNÝCH DIELOV

Matúš KORČUŠKA

Úvod

Obstarávanie a riadenie ND je veľmi dôležitou činnosťou pre chod podniku. Stojí na nej celý proces údržby a servisu strojov a zariadení. Podniky potrebujú zabezpečiť potrebné diely pre vykonávanie plánovanej alebo neplánovanej údržby. Ak tieto diely nie sú k dispozícii v dostatočne krátkej dobe, podnikom vznikajú straty spôsobené prestojmi. Na druhej strane zas priveľké zásoby náhradných dielov vedú k viazaniu skladovacích priestorov a veľkého množstva financií v nich uložených. Preto pre dobrý prehľad a riadenie ND je potrebné, aby podnik mal zavedený logistický systém obstarávania a riadenia ND. V diplomovej práci som popísal postup riešenia logistického systému obstarávania a riadenia ND.

1 Logistický systém obstarávania náhradných dielov

Rýchle a kvalitné vykonávanie údržbárskych prác je prevažne spojené s výmenou poškodených alebo opotrebovaných dielov za diely nové - tzn. náhradné diely (ND).

Podiel ceny náhradných dielov na celkových nákladoch na údržbárske výkony v jednotlivých prípadoch sa môže meniť. Najväčší vplyv na výrobný podnik a ekonomiku údržby má cena náhradného dielu vo forme skladových zásob. Skladové zásoby ND sú stanovené zväčša formou limitu. Tento limit je však častým zdrojom konfliktov pre svoju vnútornú rozpornosť:

- pre **minimalizáciu** zásob náhradných dielov hovorí hlavne priame zníženie finančných prostriedkov, ktoré sú v nich uložené. Taktiež sa nemôže zabúdať ani na sekundárny vplyv starostlivosti o ND, ako skladovanie a ošetrovanie, čo si zase pýta vykonanie práce, náklady a priestor,
- v prospech **maximalizácie** hovorí potreba poistnej zásoby, ktorá umožňuje rýchlo čerpať v prípade potreby. Ak nie je k dispozícii požadovaný náhradný diel, výrazne sa predžuje čas vykonávania údržby, rýchlo sa zvyšuje doba prestojov strojov a zariadení a tvoria sa výrobné straty. Tieto výrobné straty sú špecifické tým, že rádovo prevyšujú hodnotu absentujúcich náhradných dielov.

Preto podniky potrebujú kvalitný logistický systém obstarávania a riadenia ND aby na základe jasných kritérií určil aké a koľko ND máme mať na sklade alebo kedy ND objednať.

2 Analýza súčasného stavu vo vybraných podnikoch

Pre analýzu súčasného stavu v podnikoch sme si vybrali dotazník. Dotazník pozostával z dvadsiatich otázok, ktoré sú uzavreté alebo poloopené. Dotazník sme rozposlali po vybraných, z väčšej časti

výrobných, podnikoch a vrátilo sa nám dvadsať odpovedí. Dotazník bol anonymný a názvy podnikov nebudú spomenuté.

Väčšina z oslovených podnikov síce má zavedenú nejakú formu logistického systému na obstarávanie a riadenie ND, ale niektoré z jednotlivých procesov v ňom už nie sú nadstavené správne.

V 20 % podnikov nemajú nadstavený vlastný označovací systém pre ND, čo môže spôsobiť problémy v evidencii (duplicita záznamov alebo pod jedným označením môže byť viac ND), naopak plusom je, že 95 % podnikov využíva elektronický databázový systém.

Ďalším zistením je, že 80 % podnikov kategorizuje kritickosť svojich strojov a zariadení, ale iba 65 % ďalej kategorizuje aj ND. Podniky taktiež evidujú minulé spotrebu ND za krátke obdobie, až 60% podnikov za 1 alebo 2 roky. Na druhú stranu väčšina podnikov vykonáva analýzy na redukcii zásob ND raz alebo viackrát za rok. Popísané nedostatky môžu negatívne ovplyvniť predpovedanie a rozhodovanie o tom, ktoré ND skladovať.

Pri riadení zásob ND väčšina podnikov vypočítava maximálnu a minimálnu zásobu. Zanedbáva sa výpočet poistnej zásoby, ktorú určuje 45 % podnikov odhadom a 10 % podnikov neurčuje vôbec. Poistnú zásobu podloženú výpočtom alebo štatistickou metódou má len 40 % z podnikov. Za pozitívum zas môžeme brať, že výšku poistných zásob 90 % podnikov priebežne aktualizuje.

Pri objednávaní ND podniky využívajú hlavne objednávacie politiky [s, Q] a [s, S], čo je pri ND pochopiteľné. Pri výbere dodávateľa sú hlavnými kritériami kvalita ND, cena ND a dodacia lehota. Veľké percento podnikov, až 80 % volí možnosť výroby alebo repasovania niektorých ND vo vlastnej réžii. Všetky podniky využívajú expresné dodávky ND, ale iba 20 % z nich často. Z toho môžeme usúdiť, že podniky majú väčšinou všetko na sklade, čo môže byť signálom prílišného zásobenia ND.

Vysoké zásobenie ND je tiež spôsobené tým, že až 55 % podnikov má podiel plánovanej údržby rovný alebo menší ako 50 %. To spôsobuje vyššie skladové zásoby spojené s neplánovanou údržbou. Pre znižovanie stavu zásob ND by podniky mali aj zvyšovať podiel plánovanej údržby. Pri plánovanej údržbe presne vieme, kedy budeme daný diel potrebovať a môžeme ho zabezpečiť Just in Time dodávkami. Pri plánovanej údržbe je najviac využívaný systém MRP, nasledujú Just in Time dodávky a Kanban. Väčšina podnikov vypočítava celkové náklady na zásobovanie ND, čiže celkové náklady na objednávanie a skladovanie.

Ako posledné sme zisťovali aktuálnu situáciu spojenú s pandémiou Covid-19 a vojnou na Ukrajine. Zistili sme, že podniky zastihlo zdražovanie ND a predĺžené dodacie lehoty a s tým spojené nedostatočné zásoby ND. Reakcia podnikov spočívala v rokovaní so súčasnými dodávateľmi alebo hľadanie nových, zvyšovanie zásob ND alebo spájanie skladov so sesterskými spoločnosťami.

3 Návrh postupu riešenia logistického systému obstarávania a riadenia náhradných dielov

Vďaka vedomostiam získaným počas štúdia, naštudovaní si problematiky z oblasti riadenia zásob náhradných dielov a vyhodnotení analýzy súčasného stavu, som navrhol postup riešenia logistického systému obstarávania a riadenia ND.

Základné kroky pri riešení problematiky riadenia zásob ND v podniku sú:

- Zavedenie jednotného označovacieho a evidenčného systému a Inventarizácia skladových položiek v centrálnom sklade a príručných skladoch.
- Kategorizácia kritickosti ND.
- Výber systému riadenia zásob ND a členenie údržbových zásahov na plánovanú a údržbu po poruche.
- Riadenie ND pri plánovanej údržbe.
- Riadenie zásob ND pri údržbe po poruche:
- Výber dodávateľov.

3.1 Označovací a evidenčný systém

Základom pre prehľadnú a detailnú evidenciu skladovania ND je vybrať správny systém evidencie ND. Tento systém by mal obsahovať detailné informácie o ND. Požadované informácie sú interné označenie ND, označenie od dodávateľa (potrebné pri objednávkach), stručný popis ND, aktuálny stav zásob, história výdajov ND, požiadavky na ND, štruktúra strojov a zariadení, zameniteľnosť s inými dielmi, kritickosť daného dielu. Pre celkový dobrý prehľad o zásobách a čo najviac efektívne použitie odporúčame systém automatickej identifikácie napr. čiarové alebo RFID kódy.

3.2 Inventarizácia skladových položiek v centrálnom a príručných skladoch

Ďalším krokom pre prehľadné riadenie zásob náhradných dielov je kompletná fyzická inventúra v centrálnom a príručných skladoch. Mnohokrát sa stáva že ND vydaný z centrálného skladu na príručný sklad alebo priamo na údržbársky úkon sa nepoužije a následne sa nevráti na sklad. Tento diel sa len niekde položí a nikto nevie, čo s ním. Opačný prípadom je zas výdaj ND bez evidencie v systéme. Náhradný diel máme v systéme ako dostupný, ale reálne už nie je na sklade. V takýchto prípadoch nastávajú zbytočné prestoje alebo náklady na nákup ďalších ND, ktoré máme na sklade, len o nich nevieme. Pravidelnou fyzickou inventúrou môžeme tomuto všetkému predísť. Inventúra sa musí vykonávať v pravidelných časových intervaloch, najlepšie čo najjednoduchšou formou.

3.3 Kategorizácia náhradných dielov

Kategorizácia náhradných dielov je komplexná analýza ND, skúmajú sa rôzne údaje ako diel ovplyvňuje funkčnosť stroja, dodacia lehota dielu, poruchovosť dielu, či je za daný diel náhrada, či sa používa v kritických strojoch, či je ich možné vyrobiť alebo repasovať, či ide o bežné normalizované diely alebo spotrebné diely. Pre kategorizáciu ND sme použili maticu v ktorej ND priradzujeme body v 3 kategóriách ako dôležitosť ND pre stroj, dôležitosť stroja pre výrobu a počet ks ND v stroji. Matica je zobrazená v Tabuľke 1.

Tabuľka 1 Kritéria určenia celkovej kritickosti ND

ABCX	A	B	C a X
Dôležitosť dielu podľa ABCX	Stroj bez tohto dielu nepracuje	Stroj bez dielu pracuje suboptimálne	Spotrebný materiál alebo zastaralé ND
Bodové hodnotenie	+1	+0,5	0
123	1	2	3
Dôležitosť stroja podľa ABC do ktorého ND patrí	A	B	C
Bodové hodnotenie	+2	0	-1
DEF	D	E	F
Počet ks v stroji	Viac ako 10	3 - 10	1 - 2
Bodové hodnotenie	+1	+0,5	0

Celková kritickosť dielov je viac komplexnejšia a odporúčame ju pre zavedenie v Logistickom systéme obstarávania a riadenia ND. Ale taktiež môže byť kombinovaná aj s inými metódami. Jednotlivé kritéria majú tiež pridelené bodové hodnotenie, po ktorého sčítaní má najviac kritický diel 4 body a naopak najmenej kritický diel má bodovanie -1.

3.4 Výber systému riadenia zásob ND a členenie údržbových zásahov na plánovaných a neplánovaných údržbu

Pred zavedením určitého systému riadenia zásob ND musíme oddeliť záznamy plánovanej údržby od údržby po poruche a vypočítať percentuálny podiel. Je to z toho dôvodu, že pri plánovanej údržbe nemusíme držať zásobu ND na sklade, ale vieme ju objednať tak, aby bola k dispozícii v čase vykonávania údržby.

Naopak pri údržbe po poruche musíme analyzovať minulé spotrebu ND, pretože nevieme kedy presne budeme dané diely potrebovať. Na základe minulej spotreby ND a kritickosti ND vypočítame poistnú zásobu, signálne hladiny, minimálnu a maximálnu zásobu.

Následne je potrebné si zodpovedať nasledujúce otázky:

1. Kedy je potrebné objednať ND?
2. Koľko ND je potrebné objednať?

Po oddelení plánovanej a neplánovanej údržby prechádzame na určenie systému riadenia zásob, ktorý sa udáva typom dopytu:

1. Závislý dopyt (Plánovaná údržba) – nulová zásoba ND, používanie JIT dodávok.
2. Nezávislý dopyt (Údržba po poruche) – určenie poistných zásob, signálnych hladín, min. a max. zásoba.

3.5 Riadenie ND – Plánovaná údržba

Plánovaná údržba je založená na vykonávaní preventívnych opráv a údržby ešte pred vznikom poruchy. Údržba je naplánovaná dlhší čas dopredu, čiže vieme určiť, kedy a v akom množstve budeme daný ND potrebovať. Pri vykonávaní plánovanej údržby sú teda použité ťahové systémy riadenia zásob, ktoré pracujú na princípe závislej potreby ako KANBAN, JIT alebo MRP. Pri nich musíme poznať plán údržby, požadované ND, špecifikáciu ND, informácie o reálnom stave zásob ND a dodacie termíny.

Následne sa zaoberáme odpovedaním na štyri hlavné otázky:

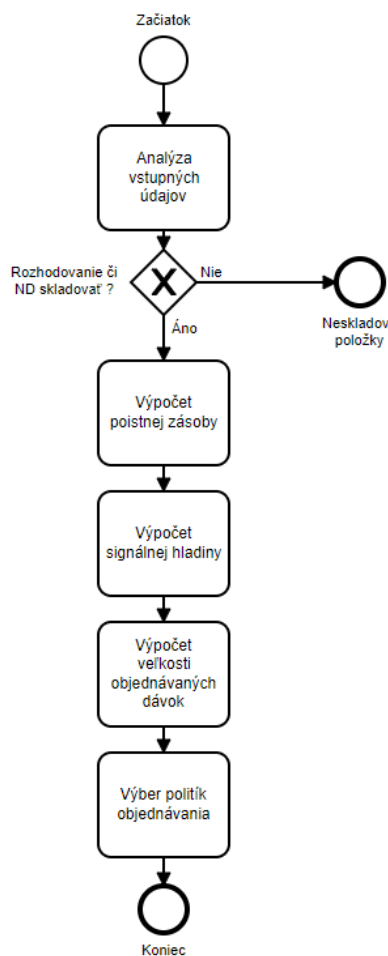
- 1) Čo budeme opravovať?
- 2) Aké ND budú potrebné, aby sme to opravili (určenie hrubej potreby ND na základe predošlých inšpekčných, technických a diagnostických prehliadok)?
- 3) Aké ND máme aktuálne na sklade?
- 4) Aké a koľko ND musíme nakúpiť?

Na základe získaných informácií a hlavných otázok, zostrojíme postup pre riadenie ND pri plánovanej údržbe:

1. **Príprava záznamov o údržbe a opravách na strojoch a zariadeniach** – zhromaždenie všetkých potrebných záznamov o minulých opravách, servisných intervaloch atď.
2. **Analýza záznamov o údržbe a opravách na strojoch a zariadeniach** – analýzou zisťujeme, čo už bolo na zariadení opravované, vymieňané, ale aj naopak, čo ešte nebolo vymenené. Skontrolujeme servisné intervaly.
3. **Vyhodnotenie na čom ideme vykonávať údržbu a aké ND budeme potrebovať** – vytvorenie presného súpisu a počtu ND, ktoré budeme potrebovať na vykonanie údržby.
4. **Zisťovanie dostupnosti na sklade ND** – pomocou evidenčného systému zistíme či sú dané ND na sklade.
 - a. **Diely sú na sklade** – zablokovanie dielov a ďalej ich evidovať ako umiestnenú zásobu.
 - b. **Diely nie sú na sklade** – vystavenie objednávky, zistenie dodacích termínov, vykonať objednávku, urgovať a sledovať dodávku ND.
5. **Vykonanie kontroly požadovaných ND** – pred začiatkom údržby vykonať kontrolu dostupnosti a kvality všetkých potrebných ND.
6. **Uvoľnenie ND zo skladu** – v požadovanom termíne pripraviť ND na výdaj zo skladu k výkonu údržby

3.6 Riadenie ND -- Neplánovaná údržba (údržba po poruche)

Pri neplánovanej údržbe nevieme presne určiť kedy budeme potrebovať náhradný diel a teda nemôžeme využiť MRP alebo dodávky Just in Time. Jednotlivé diely preto musíme držať na sklade, aby sme v prípade poruchy mohli okamžite reagovať. Riadenie zásob ND preto musíme riadiť cez prognózovanie, analýzu minulej spotreby ND a následného určenia, ktoré diely skladovať a ktoré nie. Pri skladových položkách určíme poistné zásoby, signálnu hladinu, objednávacie množstvo, maximálnu a minimálnu zásobu. Zjednodušený postup môžeme vidieť na Obrázku 1.



Obrázok 1 Neplánovaná údržba – postup riadenia zásob ND

3.6.1 Analýza záznamov skladových položiek ND neplánovanej údržby.

Prvým krokom pri riadení zásob ND pri neplánovanej údržbe je analýza záznamov skladových položiek. Výsledky analýzy sú dôležité pre následné určenie objednávacích politík, rozhodnutí o skladovaní a odhalenie ležiakov.

Príklad analýzy sa bude vykonávať na dátach z informačného systému SAP, ktoré zabezpečil vedúci diplomovej práce doc. Ing. Miroslav Rakyta, PhD.

Nemenovaná spoločnosť nám poskytla dáta za 6 minulých rokov (2016-2021). Z týchto dát boli vyfiltrované záznamy údržby po poruche ktorých bolo 201.

3.6.2 ABC analýza

Pomocou ABC analýzy sme položky rozdelili do troch skupín na základe obrátkovosti ND v €. Táto analýza nám neskôr pomôže pri eliminácii ležiakov a výpočtoch poistných zásob, signálnych hladín, veľkosti objednávok a min. a max. zásoby pri skladových položkách. Výsledky ABC analýzy sú zobrazené v Tabuľke 2.

Tabuľka 2 Výsledky ABC analýzy

Skupina	Počet položiek	Obrat v €	% podiel na sortimente	% podiel na obrate	Celková spotreba ND (ks)
A	24	327 638,77 €	11,94 %	79,93 %	10 631
B	38	60 885,88 €	18,91 %	14,85 %	8 625
C	139	21 381,22 €	69,15 %	5,22 %	41 537
Suma	201	409 905,87 €	97,01 %	100,00 %	60 793

Pre ďalšie potreby sme vypočítali aj aktuálnu celkovú hodnotu skladových položiek v € a celkový počet skladovaných ks. Výsledky sú znázornené v Tabuľke 3.

Tabuľka 3 Aktuálny stav skladu

	Aktuálny stav skladu
Celková hodnota skladových položiek v €	62 258,70 €
Celkový počet skladovaných ks	31 401

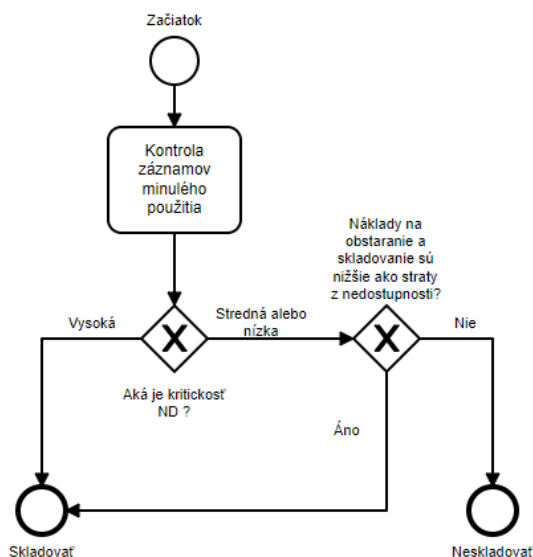
3.6.3 Identifikácia a eliminácia ležiakov

Po ABC analýze sme vykonali identifikáciu neefektívnych položiek a zistilo sa, že 8 skladových položiek ND nemalo počas uplynulých 4 rokov žiadny obrat. Jedna položka nemala žiadny obrat dokonca posledných 6 rokov. To znamená, že tieto položky boli počas minulých 4, respektíve 6 rokov iba skladované a môžeme ich označiť ako ležiaky. Položky identifikované ako ležiaky v celkovom počte 941 ks a hodnote 5 999,39 € čo predstavuje 9,64 % celkovej hodnoty skladovaných zásob ND. Podnik tieto položky môže následne odpredať, darovať alebo odpísať z účtovníctva a zlikvidovať.

3.6.4 Rozhodovanie či ND skladovať

Podnik nemusí na sklade držať všetky diely, pretože by to bolo finančne a priestorovo veľmi náročné. Musí si však na základe zvolených kritérií vybrať, ktoré diely sa mu oplatí skladovať a ktoré nie. Každý podnik si môže určiť kritéria podľa vlastného uváženia. Kritéria môžu byť nasledovné môžu byť cena dielov, kritickosť dielov, priemerný počet použitý za rok. Náklady spôsobené prestojmi z nedostupnosti dielov sú menšie ako náklady na skladovanie.

Na Obrázku 2. môžeme vidieť príklad, kde ako kritéria boli zvolené kritickosť ND a náklady spôsobené prestojmi z nedostupnosti dielov.



Obrázok 2 Ukážkový vývojový diagram pri rozhodovaní o skladovaní ND

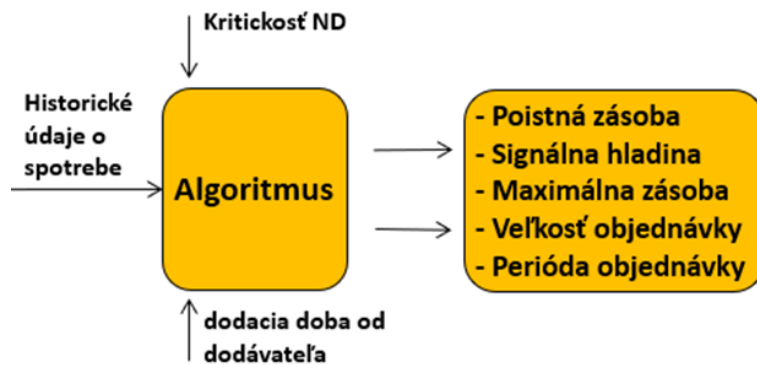
3.6.5 Určenie poistných zásob, signálnych hladín, veľkosti objednávok, periódy objednávky, maximálnej a minimálnej zásoby

Pre objektívnejšie a odbornejšie určovanie základných údajov pre riadenie zásob ND odporúčame ich určovanie výpočtom. Hodnota stanovená výpočtom však nemusí byť konečná, môže byť ešte upravená podľa potreby zodpovedným pracovníkom, ktorý ale bude vychádzať z podložených výpočtov.

3.7 Základný algoritmus pre výpočty

Pri výpočtoch budeme postupovať na základe nasledujúceho algoritmu, pre ktorý sú dôležité údaje, ako historické údaje o spotrebe, kritickosť ND a dodacia lehota od dodávateľa. Algoritmus bol aplikovaný do prostredia MS Excel. **Pre správnu funkciu algoritmu je potrebné vypočítať množstvo premenných ako:**

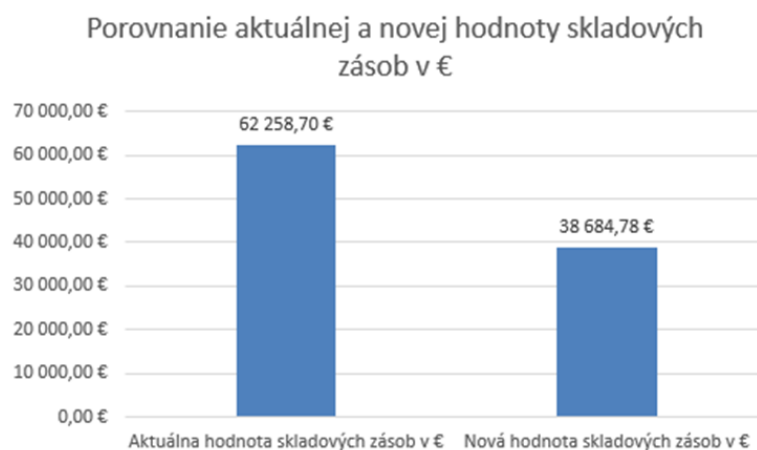
- Celková dodacia doba v dňoch
- Priemerné použitie ND za deň
- Celkový bezpečnostný faktor
- Spotreba počas lead time.



Obrázok 3 Algoritmus určovania parametrov pre riadenie zásob ND

3.7.1 Aplikácia algoritmu na dáta zo systému SAP

Po aplikovaní algoritmu na vybrané dáta, môžeme povedať, že pri viacerých položkách boli hodnoty neprimerane vysoké. Celková hodnota skladovaných položiek sa znížila z 62 258,70 € na 38 684,78 € čo je zníženie o 23 573,92 €. Porovnanie môžeme vidieť na Obrázku 4.



Obrázok 4 Porovnanie aktuálnej a novej hodnoty skladových zásob v €

Znížil sa taktiež celkový počet skladovaných ND 31401 z ks na 6998 ks, čo výrazne ušetrí skladovacie priestory.

Ďalšou výhodou návrhu oproti aktuálnemu stavu je, že sme vypočítali minimálnu, maximálnu zásobu a periódu objednávania. Čo nám pomôže efektívnejšie objednávať ND. Môžeme využívať všetky objednávacie politiky, či už (t, Q), (t, S) alebo (s, S).

3.7.2 Výber objednávacích systémov

Pre výber správnych objednávacích politík bude potrebné poznať obrátkovosť jednotlivých dielov, ktorú sme už počítali v ABC. Takto do troch skupín rozdeleným ND následne priradíme vhodnú objednávaciu politiku.

Pre položky kategórie A sú vhodné objednávkové systémy:

- (t, Q) – objednávka je vystavená v pravidelných časových intervaloch t a objednáva sa konštantné množstvo Q . Vhodné pri pravidelnom odbere a veľkom odbyte.
- (t, S) – objednáva sa v pravidelných intervaloch a veľkosť objednávky je rozdielom medzi maximálnou zásobou a aktuálnym stavom na sklade.

Pre ND kategórie B je vhodné riadiť nasledovnými systémami:

- (s, Q) – sa využíva pri pravidelnom odbere malého množstva. Objednávanie konštantného množstva Q v premenlivých termínoch s . Objednáva je realizovaná iba ak reálny stav zásob klesne pod signálnu hladinu.
- (s, S) – využívame pri väčšom ale nepravidelnom odbere. Objednáva sa v premenlivých termínoch s , ten nastáva keď reálna zásoba klesne pod signálnu hladinu. Veľkosť dávky je daná rozdielom maximálnej zásoby a aktuálneho stavu zásob.

Položky kategórie C je potrebné riadiť systémom pevných objednávacích okamihov (s, Q) a (s, S) teda rovnako ako pri kategórii B. Tieto položky je potrebné mať na sklade. Inventúra sa realizuje len periodicky. Objednáva sa toľko kusov koľko je vydaných.

3.8 Výber dodávateľov

Po zavedení jednotlivých systémov riadenia ND a priradení objednávacích systémov je posledným krokom výber vhodného dodávateľa ND. S tým nám pomôže hodnotiaci formulár, ktorý sa skladá z viacerých kritérií. Hlavné kritériá pre podniky podľa analýzy sú kvalita ND, cena ND a dodacia lehota. Každý podnik si môže nastaviť kritériá podľa vlastného uváženia, môže ich mať aj viac.

Odporúčania pri výbere dodávateľov:

- Vytriedenie podobných položiek do produktových skupín a pre každú skupinu vybrať zmluvného dodávateľa, ktorý nám vie ponúknuť paušálnu zľavu.
- Nákup značkových a originálnych dielov, iba kritických ND. Pre nekritické ND vybrať alternatívnych lacnejších dodávateľov.
- Pri kritických ND je potrebné nájsť minimálne dvoch – troch spoľahlivých dodávateľov, čím sa vytvorí medzi nimi konkurencia a taktiež poistka pre nás pri výpadku niektorého z dodávateľov.
- Vyhľadávanie skôr veľkých dodávateľov so širokým portfóliom. Možnosť odoberať viacero položiek od jedného dodávateľa a s tým súvisí celkový servis a možné zľavy.

4 Zhodnotenie a prínosy riešenia

Na základe analýzy súčasného stavu boli popísané hlavné nedostatky v riadení zásob náhradných dielov, ktoré sú nekategorizovanie kritickosti ND, vysoká hodnota skladovaných zásob, riadenie zásob ND na základe odhadov, veľký podiel neplánovanej údržby a evidencia minulej spotreby ND za krátke časové obdobie.

Po zistení nedostatkov v podnikoch sme navrhli postup riešenia logistického systému obstarávania a riadenia ND. Postup je zobrazený na obrázku 5.

Tento postup bol následne aplikovaný na vybrané dáta z podnikového informačného systému SAP.

Analýzou obrátkovosti sme odhalili ležiaky v celkovom počte 941 ks a hodnote 5 999,39 € čo je 9,64 % z celkovej hodnoty skladovacích položiek. Podnik môže ležiaky následne predať, darovať alebo zlikvidovať.

Následne sme na dáta aplikovali algoritmus na výpočet parametrov riadenia zásob a výsledky sú nasledovné. Hodnotu skladu sme z aktuálnych 62 258,70 € znížili na úroveň 38 684,78 € a počet skladovaných ks sme znížili z 31 401 ks na 6998 ks. Vďaka výpočtu jednotlivých parametrov teraz vieme využívať viacero objednávacích politík. Ako posledné sme navrhli formulár na hodnotenie dodávateľov, ktorý je nápomocný pri výbere dodávateľov.

Zavedením logistického systému obstarávania a riadenia ND dosiahneme lepší prehľad o zásobách ND, o ich kritickosti a v neposlednom rade dokážeme efektívnejšie riadiť zásoby ND a tak znížiť počet a hodnotu skladových položiek.

5 Záver a poďakovanie

Práca bola úspešne obhájená ako diplomová práca na Strojníckej fakulte Žilinskej univerzity v Žiline v študijnom programe Priemyselné inžinierstvo v roku 2022 a bola ocenená Cenou SSU za diplomovú prácu v roku 2022 na konferencii Národné fórum údržby 2023 organizovanej Slovenskou spoločnosťou údržby. Tento článok tvorí iba stručnú a základnú kostru obsahu diplomovej práce, kde sú publikované všetky podrobnosti a vysvetlené všetky dôležité kroky a body.

Poďakovanie vedúcemu mojej diplomovej práce doc. Ing. Miroslav Rakytovi, PhD., za možnosť vypracovania mojej diplomovej práce, odborné rady a spoluprácu.

Použitá literatúra

KORČUŠKA, M. 2022. Logistický systém obstarávania a riadenia náhradných dielov. Diplomová práca. Žilina: Strojnícka fakulta ŽU v Žiline.

Autor:

Ing. Peter Korčuška

Autor získal Cenu SSU za najlepšiu diplomovú prácu za rok 2022