



Řešení problematiky spolehlivosti (RAM/LCC) ve společnosti Škoda Transportation (součást Škoda Group) a ukázka dílčích témat/procesů

Materiály z **84. semináře** Odborného centra **Spolehlivost**
konaného dne **21. 2. 2023** ve **Škoda Transportation v Plzni**

Odborný garant semináře:
PhDr. Ing. Ota Kéhar, Ph.D. – Škoda Group (Škoda Electric)



Obsah

Proces RAM/LCC ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.3

Ing. Markéta Kolářová
Senior RAM/LCC specialista Škoda Group (Škoda Transportation)

Práce s dodavateli ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.9

Bc. Pavel Suda
Senior RAM/LCC specialista Škoda Group (Škoda Transportation)

Sběr a vyhodnocení dat ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.16

Bc. Pavel Suda
Senior RAM/LCC specialista Škoda Group (Škoda Transportation)



Proces RAM/LCC ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Ing. Markéta Kolářová
Senior RAM/LCC specialista
Škoda Group (Škoda Transportation)
marketa.kolarova@skodagroup.com

1 Úvod

Tento příspěvek pojednává o současném stavu systému RAM/LCC ve společnosti ŠKODA TRANSPORTATION a.s. patřící pod skupinu Škoda Group. ŠKODA TRANSPORTATION a.s. je významný výrobce kolejových vozidel jako jsou tramvaje, příměstské vlakové jednotky, soupravy metra a elektrické lokomotivy. Řízení spolehlivosti (RAM) a nákladů životního cyklu (LCC) je neodmyslitelnou součástí všech etap životního cyklu každého z těchto produktů. To dokazují stále rostoucí nároky zákazníků na vysokou úroveň spolehlivosti vozidel a co nejnižší náklady životního cyklu.

2 Přechodový audit – certifikace IRIS podle ISO/TS22163

V oblasti železničních aplikací, nejen ve vztahu k RAM/LCC, je základním předpokladem zavedený systém ověřený certifikací IRIS (International Railway Industry Standard). Tato certifikace je specifická pro železniční průmysl a je orientována na systémy managementu jakosti. Cílem systému IRIS pro mezinárodní standardizaci železničního průmyslu je zabezpečit vysokou kvalitu železničního průmyslu. Snahou IRIS je navrhnout a zrealizovat globální systém hodnocení dodavatelských firem železničního průmyslu a to jednotným jazykem, jednotnými hodnotícími směrnici a vzájemným uznáváním auditů. To má vést k vytvoření vysoké úrovně transparentnosti v rámci celého dodavatelského řetězce.

V roce 2017 došlo k vydání nového standardu ISO/TS 22163, který měl nahradit původní standard IRIS rev.02 z roku 2009. Cílem vydaného standardu je dosáhnout vyšší úrovně kvality v celém dodavatelském řetězci či pomoci výrobcům zhodnotit své dodavatele.

Podobně jako původní norma IRIS i tato nová norma obsahuje:

- všechny požadavky normy ISO 9001:2015,
- požadavky železničního průmyslu nad rámec požadavků ISO 9001,
- specifické požadavky zákazníka na systém managementu kvality.

Hlavní přínosy ISO/TS 22163 jsou:

- zprůhlednění fungování organizace,
- zvyšování efektivity procesů organizace,
- zvyšování spokojenosti a důvěry zákazníků, veřejnosti a státních kontrolních orgánů,
- zvyšování efektivity procesů a konkurenceschopnosti organizace pomocí uplatnění pokročilých nástrojů pro prevenci a zlepšování,
- snižování problémů a výskyt neshodných produktů ve fázi výroby a dodávání za pomoci důsledného uplatnění principu prevence ve fázi návrhu a vývoje,
- lepší připravenost organizace na havarijní / krizové situace,



- možné srovnání úrovně systému managementu kvality (silných a slabých stránek) s organizacemi certifikovanými dle standardu IRIS,
- vyšší úroveň spolehlivosti produktu.

Pro ŠKODA TRANSPORTATION a.s. s certifikací systému managementu kvality podle IRIS rev.02 v roce 2010 to znamenalo povinnost projít přechodovým auditem a to nejpozději do 14. 9. 2018. Tomu předcházelo upravení nastavených procesů tak, aby odpovídali novému standardu. Úspěšný přechodový audit proběhl 21. 6. 2018, čímž byla prokázána způsobilost procesů systému RAM/LCC, ale i ostatních procesů podrobených tímto auditem, i nadále splňovat vysoké požadavky systému managementu kvality.

3 Klíčové aktivity RAM/LCC

Systém managementu RAM jako součást systému managementu kvality ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. je proces založený na životním cyklu vozidla definovaném normou ČSN EN 50126-1. Jeho cílem je zavedení systematického řízení RAM ve shodě s principy železničního sektoru.

S ohledem na příliš detailní členění jednotlivých etap životního cyklu dle EN50126-1, bude v rámci tohoto textu soustředěna pozornost na klíčové aktivity RAM/LCC a jejich začlenění do etap projektu, jehož fáze jsou následující:

- nabídkové řízení,
- realizace návrhu,
- výroba, testování a validace,
- provoz.

3.1 Fáze nabídkového řízení

Ve fázi nabídkového řízení je třeba zajistit následující aktivity RAM/LCC:

- Studium zadávací dokumentace
- Tvorba nabídky
- Studie proveditelnosti
 - o Vyhodnocení požadavků RAM
 - o Ověření splnitelnosti na základě dat z provozu předchozích projektů
 - o Analýzy a predikce bezporuchovosti, pohotovosti a udržovatelnosti
 - o Rozdělení požadavků RAM na systém (subsystémy/komponenty)
- Analýza rizika ve vztahu k RAM
- Prokázání nákladů životního cyklu

Dokumentované výstupy z této fáze jsou:

- Analýza požadavků RAM/LCC ze zadání
- Analýza rizik ve vztahu k RAM/LCC
- Dokumenty RAM/LCC pro nabídku
- Analýza a predikce bezporuchovosti, pohotovosti a udržovatelnosti
- LCC analýza



Požadavky na spolehlivost

Příkladem typického požadavku na spolehlivost je požadovaná úroveň bezporuchovosti na úrovni vozidla s rozčleněním do jednotlivých kategorií poruch. V tomto případě je ukazatel bezporuchovosti MDBF (Mean Distance Between Failures) – střední ujetá vzdálenost mezi poruchami – viz následující tabulka.

Tabulka 1 – Ukázka požadavku na bezporuchovost

Kategorie závažnosti	Popis poruchy	MDBF [km]
Zanedbatelná	Jakákoli porucha zjištěná v provozu nebo během údržby neovlivňující provoz	5 500
Malá	Porucha způsobující zpoždění po dobu delší než 3 minuty a kratší než 15 minut	15 000
Velká	Porucha způsobující zpoždění delší než 15 minut, nebo přerušení provozu (odjezd svépomocí)	75 000
Významná	Porucha způsobující okamžité ukončení provozu (odtažení jiným vozidlem)	750 000

$$MDBF = \frac{\sum Ujetá\ vzdálenost}{\sum Poruchy\ dané\ kategorie}$$

V rámci požadavků na spolehlivost jsou dále specifikovány buď požadavky na disponibilitu, nebo pohotovost. Příklad požadavku na pohotovost je následující:

Ukazatel pohotovosti W_n nesmí být nižší než 97 %. Tento ukazatel je počítán pro každé vozidlo zvlášť pro každé čtvrtletí od začátku provozu s přesností na 2 desetinná místa podle následujícího vzorce:

$$W_n = \frac{T - T_a}{T} \cdot 100$$

Kde:

T – celkový čas v hodinách (24 h za den), kdy je vozidlo v provozu;

T_a – celkový čas neprovoznosti vozidla způsobený poruchou počítaný v celých hodinách od okamžiku předání vozidla v místě provedení opravy do okamžiku opětovného předání vozidla do zahájení dalšího provozu.

Požadavky na LCC

V současné době tvoří ve většině tendrů neodmyslitelnou součást také požadavek na předložení LCC analýzy. Právě LCC bývá jedním z bodovaných kritérií, které ovlivňuje výběr dodavatele. Většinou bývá LCC vypracována ve standardním formátu ŠKODA TRANSPORTATION a.s. a zahrnuje preventivní údržbu a údržbu po poruše. Nicméně je možno narazit i na projekty, kde zákazník požaduje vyplnit vlastní formulář, jehož součástí je kromě údržby i několik dalších nákladových položek.



Požadavek na standardní LCC může být zadán například takto:

Uchazeč předloží cílové hodnoty nákladů na životní cyklus na základě:

- plánu údržby, který bude rovněž předložen
- pokynů pro údržbu

Obecné podmínky:

- časy montáže/demontáže/seřízení se neberou v úvahu
- kvalifikovaný personál/dokumenty/materiál/nástroje jsou okamžitě k dispozici
- náklady na outsourcing (subdodavatele) jsou považovány za materiálové náklady
- technologické časy procesu (např. doba schnutí barvy) nejsou uvažovány

Náklady, které nebudou započítány do LCC:

- náklady na doplnění provozních materiálů (např. písek, kapalina do ostřikovačů)
- režijní náklady (administrativa, logistika včetně nákladů na skladování)
- čištění interiéru a exteriéru
- náklady na infrastrukturu depa (nájemné, vedlejší náklady, údržba depa)
- náklady na kvalifikaci personálu/dokumentů/materiál/nářadí
- náklady na modernizaci
- správní náklady

3.2 Fáze realizace návrhu

Ve fázi realizace návrhu tvoří základ standardní aktivity RAM/LCC, které jsou prováděny pro každý projekt. V případě náročnějších požadavků na RAM/LCC ze strany zákazníka jsou prováděny i rozšířené aktivity RAM/LCC.

Typické základní aktivity RAM/LCC pro fázi realizace návrhu jsou:

- stanovení managementu RAM
- RAM/LCC v rámci práce s dodavatelem
 - o Specifikace/alokace požadavků RAM/LCC
- analýza a predikce bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti
- stanovení opatření návrhu vozidla pro dosažení cílových hodnot RAM parametrů
- aktualizace LCC analýzy z nabídkové fáze, je-li vyžadována

Dokumentované výstupy z této fáze jsou:

- plán RAM
- soupis RAM/LCC požadavků (součástí technické specifikace poptávek)
- LCC/Analýza udržovatelnosti – formulář pro dodavatele
- analýza a predikce bezporuchovosti, pohotovosti a udržovatelnosti
- analýza spolehlivosti FMECA
- hodnoty RAM parametrů v technických podmínkách komponent
- aktualizovaná LCC analýza

Plán RAM

Plán RAM je výchozím dokumentem pro implementaci managementu RAM podle EN50126-1, který je vytvořen v rané fázi realizace návrhu. Plán RAM popisuje organizaci a odpovědnosti



pro úkoly bezporuchovost, pohotovost a udržovatelnosti, které budou integrovány do aktivit podporujících návrhu vozidla, výrobní činnosti a provoz. Plán RAM je jako veškerá RAM dokumentace z této fáze neustále aktualizován.

Požadavek na Plán RAM přímo vyplývá z EN50126-1, nicméně i přesto může být zákazníkem zdůrazněna důležitost tohoto dokumentu – viz následující příklad:

Řízení, program a organizace RAM

- (1) Dodavatel musí po celou dobu trvání smlouvy o dodávce provádět řízení RAM v souladu s normou EN 50126.
- (2) Dodavatel vytvoří a udržuje program RAM, který podrobně popisuje proces a metodiku prokazování shody s požadavky RAM v souladu se standardem RAMS a na němž je založen.
- (3) Program RAM musí obsahovat alespoň následující údaje:
 - a) popis organizace RAM dodavatele
 - b) popis rozhraní pro činnosti RAM uvedené v programu RAM.
- (4) Program RAM bude dodavatelem předložen k zahájení, přezkoumán v rámci „design freeze“ a následně dokončen.
- (5) Dodavatel je povinen udržovat program RAM v aktuálním stavu po celou dobu trvání smlouvy o dodávce.
- (6) Dodavatel zřídí organizaci RAM, která bude řídit činnosti související s RAM uvedené v programu RAM v souladu se standardem RAMS.

Analýza a predikce bezporuchovosti, pohotovosti a udržovatelnosti

Analýza predikce bezporuchovosti, pohotovosti a udržovatelnosti začíná v etapě nabídkového řízení a pokračuje dále ve fázi realizace návrhu. Jejím cílem je označit slabá místa v návrhu vozidla a jejich eliminací zvýšit spolehlivost vozidla a snížit nároky na jeho údržbu. Matematický model bezporuchovosti, pohotovosti a udržovatelnosti je realizován pomocí analytického nástroje RAM model.

Analýza spolehlivosti FMECA

Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (FMECA) vychází ze zásad normy ČSN EN IEC 60812 ed. 2. Jejím účelem je identifikovat potenciální způsob poruch pro každého „FMECA kandidáta“ včetně příslušné pravděpodobnosti poruchy a metody detekce poruchy s cílem určit vliv poruch na výkonnost subsystému, systému a vozidla. Každý způsob poruchy je klasifikován podle závažnosti důsledku poruch na provozní spolehlivost vozidla.

Práce s dodavateli

V rámci aktivity práce s dodavateli je hlavním záměrem dosažení vysoké spolehlivosti vozidla díky použití spolehlivých komponent s RAM parametry garantovanými dodavateli. Tato aktivita bude detailně rozvedena v jednom z následujících příspěvků.

3.3 Fáze výroby, testování a validace

V této fázi jsou zajišťovány následující klíčové aktivity:

- Finální aktualizace RAM modelu případně ostatních analýz



- Příprava konstrukčního rozpadu pro sběr dat z provozu

3.4 Fáze provozu

Fáze provozu začíná zkušebním provozem a po jeho úspěšném ukončení přechází v garanční provoz. V této etapě dochází k prokázání RAM, případně vyhodnocení nákladů na údržbu. Velká pozornost je tedy věnována sběru a vyhodnocení dat z provozu. Na základě vyhodnocených dat z provozu probíhají následující aktivity:

- RAM reporting
- Hodnocení spolehlivosti dodavatelů

Problematika sběru a vyhodnocení dat spadající do této etapy je detailněji popsána v jednom z dalších příspěvků.

4 Závěr

V tomto příspěvku byl popsán management RAM/LCC z pohledu výrobce kolejových vozidel na základě zkušeností ŠKODA TRANSPORTATION a.s. V současné době je fungující systém managementu RAM/LCC nedílnou součástí systému managementu kvality u výrobců kolejových vozidel, který je ověřován certifikací IRIS. Současný standard IRIS ISO/TS 22163 je považován vůbec za jeden z nejpřísnějších standardů. Jeho dodržování je ukazatelem podniků k odpovědnosti za kvalitu v odvětví železniční dopravy.

Kromě fungujícího dokumentovaného systému RAM/LCC s nastavenými pravidly a postupy je dalším základním předpokladem zavedený sběr dat z provozu a zkušenosti s RAM/LCC analýzami, predikcí parametrů a alokací požadavků. Analytické činnosti je třeba věnovat pozornost zejména v předvýrobních procesech. Jedině tak bude efektivně dosažen požadovaný výsledek implementace managementu RAM v podobě vozidla, které se vyznačuje splněnými požadavky na bezporuchovost, pohotovost a udržitelnost.

Reference

- [1] ISO/TS 22163:2017 Railway applications – Quality management system – Business management system requirements for rail organizations: ISO 9001:2015 and particular requirements for application in the rail sector
- [2] ČSN EN 50126-1 ed. 2:2019 Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Generický proces RAMS
- [3] Interní dokumenty ŠKODA TRANSPORTATION a.s.



Práce s dodavateli ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Bc. Pavel Suda

Senior RAM/LCC specialista
Škoda Group (Škoda Transportation)

pavel.suda@skodagroup.com

1 Úvod

Veškeré hodnoty v tomto článku jsou ilustrativní a smyšlené! Jde pouze o ukázkou procesu a metody práce.

V současné době by se dalo říci, že společnost Škoda Transportation nakupuje až 80 % spolehlivosti svých konečných výrobků od dodavatelů. Stále více požadavků koncových zákazníků / provozovatelů nutí přenášet tyto požadavky na dodavatele společnosti. Toto lze správně a efektivně udělat pouze tak, že společnost bude požadavky zákazníků, které jsou ve většině případů stanoveny pro celé vozidlo, alokovat na dílčí systémy, subsystémy a komponenty tak, aby bylo možné následně stanovit požadavky pro jednotlivé dodávané položky. Následně dle dílčích hodnot stanovovat minimální požadavky definovaných parametrů pro jednotlivé dodavatele.

Tvorba a stanovení požadavků je součástí poptávkového řízení, v rámci kterého je úkolem specialisty RAM/LCC stanovit požadavky kvantitativních parametrů spolehlivosti pro všechny vytipované spolehlivostně relevantní dodávané systémy, subsystémy a komponenty tak, aby ve výsledku vozidlo, složené z dílčích systémů, splňovalo požadavky koncových zákazníků.

2 Proces tvorby a stanovení požadavků na dodavatele

Na začátku každého realizačního projektu si nominovaný specialista RAM/LCC prostuduje finální požadavky konkrétního zákazníka / provozovatele. Následně převede tyto požadavky do predikčního modelu a alokuje je dle předchozích zkušeností na jednotlivé systémy a komponenty.

Do modelu nejprve zahrne zkušenosti z dosavadního provozu již realizovaných vozidel. Následně model vztáhne k požadavkům zákazníka, díky čemuž získá požadované zlepšení bezporuchovosti a udržitelnosti, celého vozidla i dílčích systémů.

Specialista RAM/LCC identifikuje klíčové komponenty a definuje požadavky na RAM včetně stanovení cílových hodnot (targetů). Dále zpracuje požadavky RAM na jednotlivé komponenty. Požadavky RAM jsou spolu s požadavky na LCC integrovány do poptávkové specifikace, která je předána do technického úseku a následně nákupu k předání jednotlivým dodavatelům. Nákup resp. technický úsek ve spolupráci se specialistou RAM/LCC vyjednává s dodavateli, řeší zasmluvnění dohodnutých parametrů, případně jejich přenesení do technických podmínek.

3 Ukázka definice požadavků na základě zkušeností a pomocí alokace

		MTBF [h]	Intenzita poruch $\Sigma(N)*(\lambda)$, [F/1h]
Požadavek	Vehicle	2 500	4,000E-04
Model	Vehicle	2 757	3,627E-04

Obrázek 1 – Vrcholové požadavky MTBF a dosažené hodnoty z predikčního modelu

MPG	Struktura SYSTÉM	Zkušenost		Alokace		Minimální požadavky	
		MTBF [h] - zkušenosti	Intenzita poruch $\Sigma(N)*(\lambda)$, [F/1h] - zkušenosti	Intenzita poruch $\Sigma(N)*(\lambda)$, [F/1h] - zkušenosti	Intenzita poruch $\Sigma(N)*(\lambda)$, [F/1h] - požadavek	Intenzita poruch $\Sigma(N)*(\lambda)$, [F/1h] - požadavek	MTBF [h] - požadavek
B	Vehicle body	144 740	6,909E-06	1,90%	1,90%	7,620E-06	131 235
C	Fitting out	3 357 586	2,978E-07	0,08%	0,08%	3,285E-07	3 044 313
D	Interior appointments	380 010	2,632E-06	0,73%	0,73%	2,902E-06	344 554
E	Bogies	633 547	1,578E-06	0,44%	0,44%	1,741E-06	574 435
F	Power system, Drive unit	26 951	3,710E-05	10,23%	10,23%	4,092E-05	24 437
G	Control apparatus for train operation	13 706	7,296E-05	20,12%	20,12%	8,047E-05	12 427
H	Auxilliary operating equipment	55 644	1,797E-05	4,96%	4,96%	1,982E-05	50 453
J	Monitoring and safety equipment	21 840	4,579E-05	12,62%	12,62%	5,050E-05	19 803
K	Lighting	83 279	1,201E-05	3,31%	3,31%	1,324E-05	75 509
L	Air conditioning	72 327	1,383E-05	3,81%	3,81%	1,525E-05	65 579
M	Sanding device	49 967	2,001E-05	5,52%	5,52%	2,207E-05	45 305
N	Doors	40 061	2,496E-05	6,88%	6,88%	2,753E-05	36 323
P	Information facilities	674 871	1,482E-06	0,41%	0,41%	1,634E-06	611 903
Q	Pneumatic/Hydraulic equipment	234 322	4,268E-06	1,18%	1,18%	4,707E-06	212 459
R	Brake	11 324	8,831E-05	24,35%	24,35%	9,740E-05	10 267
S	Vehicle linkage devices	621 757	1,608E-06	0,44%	0,44%	1,774E-06	563 745
T	Enclosures, Carrier systems	207 278	4,824E-06	1,33%	1,33%	5,321E-06	187 938
U	Electrical Wiring	162 861	6,140E-06	1,69%	1,69%	6,772E-06	147 666

Obrázek 2 – Dosažené hodnoty parametru MTBF pro dílčí hlavní systémy a minimální nutné parametry pro splnění vrcholového požadavku

Požadavky na dodavatele jsou definovány v obecných technických podmínkách, které obsahují tabulku vybraných systémů / komponent dle provozních dopadů z pohledu bezporuchovosti, udržovatelnosti a životnosti. Na základě této tabulky jsou, buď stanoveny cílové požadované hodnoty daných kvantitativních parametrů, nebo je po daném dodavateli požadované předání jeho hodnoty bez předem definované cílové hodnoty. Dále je u jednotlivých položek tabulky uvedena informace, zdali má být po daném dodavateli požadováno dodání LCC analýzy. Požadované kvantitativní parametry jsou vždy vztaženy k jednomu systému / komponentě.

Požadované kvantitativní parametry:

- Dodavatel musí předložit a garantovat parametr MRT [h]
 - Předložený parametr nesmí překročit požadovanou hodnotu (pokud je stanovena).
 - Tři případy:
 - Pokud je v tabulce uvedena cílová požadovaná hodnota, jedná se o opravu položky formou výměny jednotlivých dílčích komponentů. Parametr MRT tedy v tomto případě reprezentuje střední hodnotu opravy výměnou dílčích komponentů.

- Pokud v tabulce není uvedena cílová požadovaná hodnota, Škoda Transportation neuvádí požadavek na parametr MRT. Hodnotu parametru doplní dodavatel, MRT reprezentuje střední hodnotu opravy položky dodavatelem.
- V posledním možném případě může být u dané položky v tabulce požadavek na hodnotu parametru MRT proškrtnutý. To značí případ, kdy se daná položka typicky opravuje výměnou celé položky a tudíž Škoda Transportation nemůže po dodavateli požadovat daný parametr, protože ten je daný konstrukcí vozidla, kterou definuje právě Škoda Transportation.
- Dodavatel musí předložit a garantovat parametr MTBF [h]
 - Předložený parametr MTBF nesmí být nižší než požadovaná hodnota
- LCC / Analýza udržitelnosti
 - V případě, že je požadována LCC analýza, dodavatel musí dále definovat náklady životního cyklu vyplněním formuláře nazvaného LCC/Analýza udržitelnosti.
 - Daný formulář vytvoří specialista RAM/LCC zvlášť pro každý projekt. Daný formulář musí obsahovat základní informace o projektu.

Přepokládaná životnost vozidel	35 let
Počet dní v provozu za rok	365 dní
Denní provoz v hodinách	20 h
Roční proběh vozidla	100 000 km
Celkový proběh za životnost	3 500 000 km
Denní proběh vozidla	273,973 km
Hodinový provoz za rok	7 300 h
Doba provozu za životnost	255 500 h
Průměrná rychlost	13,70 km/h
Počet analyzovaných systémů / kompo	1 ks
Hodinová sazba zaměstnanců	14,21 euro/h

Obrázek 3 – Základní parametry projektu

Sesbírané údaje jsou následně přeneseny do celkových modelů a analýz pro celá vozidla, kde je možné porovnat výsledné hodnoty na základě vlastních dat z provozu a daty od dodavatelů.

4 Nástroje používané ke sběru dat od dodavatelů

Jako hlavní nástroj, který je pro sběr dat od dodavatelů v rámci poptávkového a nabídkového procesu mezi Škoda Transportation a jejími dodavateli používán je formulář nazvaný LCC/Analýza udržitelnosti.



a) Ukázka formuláře LCC/Analýza udržovatelnosti

List souhrnných informací

- zde je přehled výstupních informací, automaticky vypočítaných na základě vstupů do formuláře, které vyplní daný dodavatel. Formulář obsahuje automatické výpočty těchto souhrnných informací a zároveň umožňuje náhled do detailních informací konkrétních dodavatelů.



Souhrn	
Projekt	FCC
Vozidlo	FCC
Zákazník	
System / komponent	Vyplní dodavatel
Základní informace	
Životnost vozidla	35 let
Roční proběh vozidla [km/rok]	100 000 km
Roční doba v provozu [dny]	365 dní
Denní doba v provozu [hod]	20 hodin
Hodinová mzda zaměstnanců [EUR]	14,21 €
Počet analyzovaných systémů / komponent	1 kus
Hodinový provoz za rok [hod]	7 300 hodin
Celkový proběh za životnost vozidla [km]	3 500 000 km
Základní údaje z LCC	
Preventivní údržba - normohodiny [nh/km]	0,000129 nh
Preventivní údržba - náklady na práci [EUR/km]	0,001835 €
Preventivní údržba - náklady na materiál [EUR/km]	0,075114 €
Údržba po poruše - normohodiny [nh/km]	0,000011 nh
Údržba po poruše - náklady na práci [EUR/km]	0,000155 €
Údržba po poruše - náklady na materiál [EUR/km]	0,001791 €
Údržba po poruše - náklady na údržbu mimo vozidlo [EUR/km]	0,000682 €
Preventivní údržba - celkem [EUR/km]	0,076949 €
Údržba po poruše - celkem [EUR/km]	0,002628 €
Údržba - celkem za km [EUR/km]	0,079577 €
Údržba - celkem za životnost vozidla [EUR]	278 520,60 €
Základní údaje o spolehlivosti a udržovatelnosti	
MTBF [hod]	18 751 hodin
MRT [hod]	1,64 hodin

Obrázek 4 – Výsledné hodnoty automaticky vypočítané na základě vstupních dat do formuláře LCC/Analýza udržovatelnosti



List preventivní údržby

- zde dodavatel vyplní veškeré informace pro účely výpočtu nákladů na preventivní údržbu
- Specialista RAM/LCC musí nastavit základní údaje projektu pro správnost výpočtu a intervaly údržby definované Škoda Transportation

Základní údaje projektu

Přepokládaná životnost vozidel	35	let
Počet dní v provozu za rok	345	dni
Denní provoz v hodinách	20	h
Roční proběh vozidla	100 000	km
Celkový proběh za životnost	3 500 000	km
Denní proběh vozidla	289,855	km
Hodinový provoz za rok	6 900	h
Doba provozu za životnost	241 500	h
Průměrná rychlost	14,49	km/h
Počet analyzovaných systémů / komp	1	ks
Hodinová sazba zaměstnanců	14,21	euro/h

Obrázek 5 – Základní údaje projektu

Intervaly údržby (standardní)

Typ údržby	Interval údržby [km]	Počet během životnosti
		Algoritmus
P1	25 000 km	150
P2	350 000 km	5
P3	700 000 km	4
P4	3 500 000 km	0
P5		0
P6		0
P7		0
P8		0
P9		0
P10		0

Intervaly údržby (mimo standardní)

Typ údržby	Interval údržby [km]	Interval údržby [let]	Počet během životnosti
	Vstup dat	Vstup dat	Algoritmus
O1	100 000 km		24
O2		2,50 let	13
O3			0
O4			0
O5			0
O6			0
O7			0
O8			0
O9			0
O10			0

Obrázek 6 – Intervaly údržby

Obrázek 7 – Vstupní údaje a výpočet nákladů pro jednotlivé kroky preventivní údržby

Náklady na preventivní údržbu

Typ údržby	Interval údržby [km]	Počet během životnosti	Pracovní materiál během celé životnosti	Náklady na pracovní materiál během celé životnosti	Cena spouštěcího materiálu během celé životnosti
P1	25 000 km	150	150,80	2 143,87 €	195 000,00 €
P2	350 000 km	5	5,80	82,42 €	7 500,00 €
P3	700 000 km	4	4,44	63,91 €	6 000,00 €
P4	3 500 000 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
P5	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
P6	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
P7	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
P8	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
P9	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
P10	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
Standardní intervaly					
O1	100 000 km	24	250,70	4 130,85 €	54 000,00 €
O2	250 000 km	13	0,00	0,00 €	0,00 €
O3	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
O4	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
O5	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
O6	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
O7	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
O8	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
O9	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
O10	0 km	0	0,00	0,00 €	0,00 €
Nestandardní intervaly					
suma			451,94	6 423,87 €	262 500,00 €

269 322,07 €

Obrázek 8 – Výsledné hodnoty a náklady preventivní údržby



List údržby po poruše

- zde dodavatel vyplní veškeré informace pro účely výpočtu nákladů na údržbu po poruše

Základní údaje projektu

Přepokládaná životnost vozidel	35 let
Počet dní v provozu za rok	345 dní
Denní provoz v hodinách	20 h
Roční proběh vozidla	100 000 km
Celkový proběh za životnost	3 500 000 km
Denní proběh vozidla	289,855 km
Hodinový provoz za rok	6 900 h
Doba provozu za životnost	241 500 h
Průměrná rychlost	14,49 km/h
Počet analyzovaných systémů / komp	1 ks
Hodinová sazba zaměstnanců	14,21 euro/h

Obrázek 9 – Základní údaje projektu

Zás. údaje po poruše	struktura zadání				údaje na vozidle										údaje údržbovaci										údaje nákladů					
	řada	skupina	typ	počet	řada	skupina	typ	počet	řada	skupina	typ	počet	řada	skupina	typ	počet	řada	skupina	typ	počet	řada	skupina	typ	počet	řada	skupina	typ	počet		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Obrázek 10 – Konkrétní vstupy a výpočet nákladů údržby po poruše jednotlivých systémů / komponent

Náklady na údržbu po poruše

Celková pracnost za životnost vozidla	38,25
Pracovní náklady za životnost vozidla	543,53 €
Materiálové náklady	6 268,00 €
Náklady na údržbu mimo vozidlo	2 387,00 €
MTBF [h]	18 751 hod
MRT [h]	1,64 hod

9 198,53 €

Obrázek 11 – Výsledné hodnoty a náklady údržby po poruše

Dodavatel má možnost vstupovat pouze do k tomu určených buněk, zbytek je pro něj uzamčený tak, aby výpočet konkurenčních dodavatelů a jejich vstupů probíhal stejným principem. To umožňuje následné porovnání výsledných hodnot mezi konkurenčními dodavateli. Dané buňky jsou od sebe odlišeny dle přiložené legendy.

Legenda	
prázdný vstup	
vyplněný vstup	
vzorec	

Obrázek 121 – Legenda označení různých typů buněk

Formulář zároveň obsahuje listy pro sběr informací ohledně potřebného nářadí pro údržbu, způsobu z čeho vycházet pokud daný dodavatel nedisponuje vlastními daty nebo sběrem informací. V poslední řadě list, který obsahuje postup, jakým by měl dodavatel daný formulář vyplňovat.

Pokud má dodavatel jakékoliv dotazy ohledně formuláře, je mu k dispozici přímo specialista RAM/LCC, který s ním projde daný formulář. Následně jej zkontroluje a dohlédne na správné vyplnění tak, aby došlo ke korektnímu výpočtu.

Veškeré sesbírané hodnoty jsou využívány pro zpřesnění predikčních analýz kompletních vozidel.



4.1 Problémy

- Na novou podobu formuláře přešla společnost Škoda Transportation na začátku roku 2022. Bohužel se často shledáváme s případy, kdy dodavatelé stále vyplňují starou verzi daného formuláře, protože je to pro ně pohodlnější z toho pohledu, že pouze upraví předešlé hodnoty. Nový formulář je založen na trochu jiném principu a úrovni detailu, který je potřebné od dodavatelů neustále shromažďovat.
- Často se stává, že dodavatelé potřebují konzultaci ohledně vyplňování nového formuláře. Tyto konzultace poskytují napřímo specialisté RAM/LCC.

5 Závěr

Společnost Škoda Transportation se snaží proces práce s dodavateli neustále zdokonalovat a rozvíjet tak, aby přinášel co největší přidanou hodnotu pro konečné výrobky. Příspěvek by měl poukázat na to, jak je dodavatelsko-odběratelský vztah a přenesení požadavků v rámci problematiky RAM/LCC řešen ve společnosti Škoda Transportation. Zároveň s jakými druhy požadavků se v rámci tohoto procesu pracuje. Snahou je v rámci této problematiky pracovat tak, aby byly naplňovány požadavky zákazníků a zároveň se zlepšovala úroveň spolehlivosti, která je nakupována od dodavatelů.

Použité zdroje

- [1] ČSN EN 50126-1 ed. 2:2019 Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Generický proces RAMS
[2] Interní dokumenty ŠKODA TRANSPORTATION a. s.



Sběr a vyhodnocení dat ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Bc. Pavel Suda

Senior RAM/LCC specialista
Škoda Group (Škoda Transportation)

pavel.suda@skodagroup.com

1 Úvod

Veškeré hodnoty v tomto článku jsou ilustrativní a smyšlené! Jde pouze o ukázkou procesu a metody práce.

Proces sběru, databáze a následné vyhodnocení dat o poruchách je základem pro veškeré analýzy, které jsou definovány interními procesy a směnicemi společnosti. Jedná se o minimální datovou podporu pro fungování celého managementu RAM/LCC v rámci společnosti. Analýzy jsou tvořeny RAM/LCC specialisty v průběhu všech fází životního cyklu vozidla. Od návrhu, přes konstrukci, výrobu a také během provozu.

Sběr dat je dlouhodobým procesem, který by za ideálních podmínek měl vést ke zpětné vazbě na fungování vozidla v provozu a následné optimalizaci konstrukce budoucích vozidel za účelem zvýšení jejich spolehlivosti z pohledu bezporuchovosti, udržovatelnosti a celkové pohotovosti.

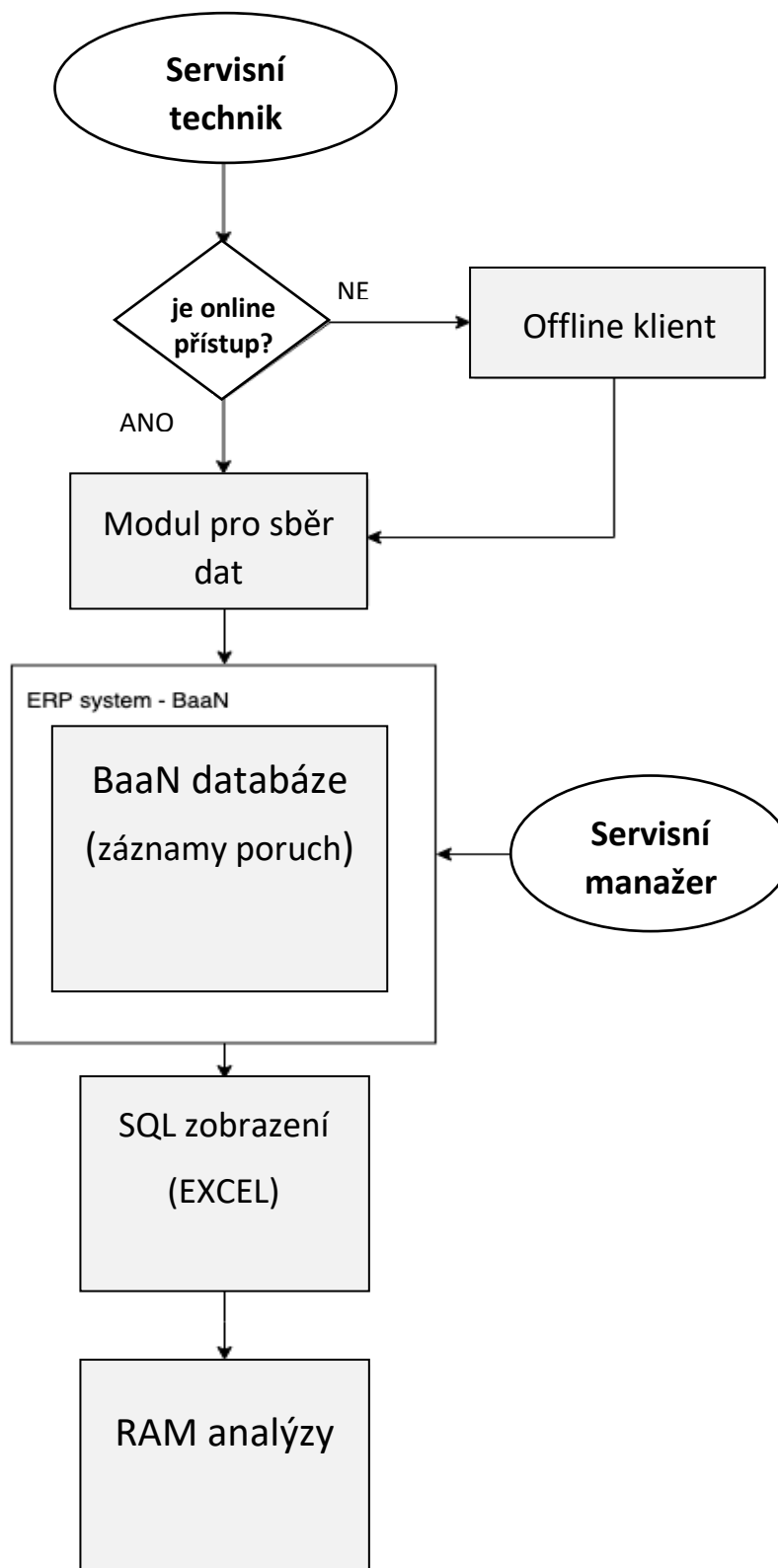
Dalším přínosem ze získané znalosti ze sesbíraných dat je ověření toho jak se vozidlo chová vůči predikčním modelům, které jsou tvořeny v předešlých fázích životního cyklu vozidla (návrh, konstrukce).

V následujícím textu Vám umožním nahlédnout, jak tuto činnost řešíme a využíváme ve společnosti Škoda Transportation, která je jednou ze společností skupiny Škoda Group. První část je věnována procesu a způsobu sběru dat a jejich specifikám. Druhá část se zaměřuje na faktické vyhodnocení dat z provozu a jejich následné využití.

2 Sběr dat z provozu

Pro fungování a správnou přidanou hodnotu, kterou by měl sběr dat přinášet, je nutné mít nastavené procesy. Sběr dat probíhá na veškerých produktech, které společnost uvede do provozu. Systematický sběr dat z provozu ve společnosti se provádí zejména v prvních letech, respektive v tzv. garančním (záručním) provozu. V této fázi má společnost neomezený přístup k vozidlu a provádí veškeré činnosti údržby. Bohužel se v drtivé většině případů jedná pouze o minoritní část celkové délky provozu jednotlivých vozidel. Tato skutečnost je zatím neřešitelným problémem v případě projektů, kde společnost nezajišťuje full servis po celou dobu provozu. Uvědomujeme si, že disponujeme pouze daty z prvních provozních let provozu a také to, že v ideálním případě by bylo nutné vlastnit data i z pozáručního provozu. Ta by vedla k vytváření mnohem obsáhlejší spolehlivostní databáze a následné znalosti, kterou by bylo možné využít k zpřesnění predikce sledovaných parametrů RAM a analýzy LCC, a přiblížení jednotlivých analýz realitě. Bohužel sběr dat v pozáručním provozu je v tuto chvíli téměř neřešitelnou záležitostí, protože provozovatelé jednoduše nechtějí poskytovat jakákoliv data.

Samozřejmě se snažíme využívat veškerých naskytnutých možností, jak tyto data získávat.



Obrázek 1 – Proces sběru dat z provozu



a) Proces sběru dat

Ten, kdo se systematickým sběrem dat zabývá, určitě potvrdí, že se nejedná o snadnou disciplínu, která musí mít pro správné fungování jasně definovaná pravidla. Pokud se zaměříme na záruční provoz, tak zde má výrobce výhodu v tom, že má neomezený přístup k vozidlu a tudíž může provádět sběr dat o poruchách a ostatních vlastnostech provozu dle svých potřeb, protože přímo zaměstnanci výrobce provádějí potřebné servisní zásahy. I v těchto případech ale není sběr dat triviální záležitostí. Smluvní vztah s provozovatelem často vyžaduje co nejrychlejší opravu systému a zajištění provozuschopnosti a dostupnosti vozidla. Sběr kvalitních, kompletních, podrobných a hlavně relevantních dat je často upozaděn.

Při definování rozsahu, podrobnosti a následně (potřebné) vypovídající hodnotě sběru dat je nutné klást důraz na nastavený proces a úroveň a kompetenci pracovníků, kteří do daného procesu vstupují. Například není možné po servisním technikovi, který provádí faktický servisní zásah a následný sběr dat, vyžadovat pokročilou inženýrskou znalost. Tu musí následně přidat další uživatelé.

Popis procesu:

- 1) Záznamy do databáze ERP systému (BaaN V) evidují servisní technici působící minimálně po dobu garančního provozu v každé z destinací, kde je vozidlo provozováno.
- 2) Pokud má servisní technik v dané destinaci přístup přímo do systému a do modulu sběru dat, zapisuje poruchy přímo přes tento modul. Pokud tento přístup nemá, eviduje záznamy pomocí offline klienta. Takto zapsané poruchy jsou automaticky vloženy do databáze po připojení klienta k internetu.
- 3) K databázi mají zároveň přístup servisní manažeři a v případě potřeby mohou záznamy upravovat, případně validovat.
- 4) Specialisté RAM/LCC následně tyto záznamy o poruchách stahují z databáze do excelového dokumentu pomocí maker a SQL dotazu k dalšímu zpracování.
- 5) Oddělení RAM/LCC disponuje programy pro automatické zpracování těchto záznamů, které využívá pro kvantifikaci KPI spolehlivosti a jako základní vstup pro všechny analýzy.

Uživatelé procesu

- Zkušební / servisní technik – pracovní provádějící faktické servisní zásahy a zaznamenávání servisních zásahů (prvotní sběr dat)
- Servisní manažer – pracovník, který má na starosti validaci a relevantnost zaznamenaných servisních zásahů techniky
- RAM/LCC specialista – pracovník provádějící vyhodnocení a analýzu sesbíraných dat, tvořící následné RAM analýzy

IT podpora

- V současné době je pro sběr dat z provozu (zaznamenávání servisních zásahů) využíván IS Baan V, kde pracovníci ŠKODA ICT vytvořili customizovaný modul určený výhradně pro tuto činnost.



Aktuální podoba formuláře pro provádění záznamů servisních zásahů

Obrázek 2 – Formulář pro provádění záznamů servisních zásahů, karta „Záznam“

Obrázek 3 – Formulář pro provádění záznamů servisních zásahů, karta „Oprava“



Atributy jednotlivých záznamů (sbírané údaje)

Tabulka 1 – Atributy záznamů servisních zásahů

Název atributu	Typ	Popis
Číslo záznamu	ID	Jedinečný (automaticky generovaný) identifikátor záznamu o údržbě.
Typ údržby	číselník	0 – Po poruše 1 – Preventivní
Stav hlášenky	číselník	0 – Založená 1 – Finalizována technikem 2 – Data pro SEO 3 – Uzavřená
Typové označení	číselník	Označení typu kolejového vozidla (finálního výrobku), ke kterému se daný záznam o údržbě vztahuje.
Výrobní číslo	číselník	Jednoznačná identifikace kolejového vozidla v číselné řadě vedené výrobcem (ŠKODA).
Evidenční číslo	číselník	Identifikace kolejového vozidla v číselné řadě (obvykle) vedené provozovatelem (zákazníkem).
Číslo reklamace / údržby	atribut	Položka specifikuje reklamaci / údržbu (označení dle provozovatele)
Tachometr	atribut	Aktuální projezd vozidla v době záznamu servisního zásahu [km].
Projev poruchy	číselník	0 – Neschopnost na trati 1 – Činnost ochran 2 – Omezení činnosti 3 – Nestabilní funkce 4 – Mechanické poškození 5 – Riziko činnosti 6 – Nález při prohlídce
Provozní kategorie poruchy	číselník	0 – Zanedbatelná – neomezuje provoz 1 – Malá – nutná oprava (do 48 hod.) 2 – Velká – zpoždění (okamžitý servis) 3 – Závažná – odstavení z provozu
Závažnost poruchy bezpečnost	číselník	0 – Nevýznamná – došlo případně i k lehčímu zranění 1 – Okrajová – došlo k lehčímu zranění / významnému ohrožení životního prostředí 2 – Kritická – došlo k vážnému zranění (smrti) / významnému ohrožení životního prostředí 3 – Katastrofická – došlo k obětem na životech / mnoha vážným zraněním / těžkému poškození životního prostředí
Popis poruchy	atribut	Textové pole, které je určeno k podrobnému popisu poruchy.



Příčina poruchy	číselník	0 – vadný díl (součást) nebo materiál konstr. uzlů (subdodávka: příčina závady může být inherentní, konstrukční, výrobní) 1 – opotřeбенá součást (ložisko, kontakt, tlumič...) 2 – chyba software (verze...) 3 – chybný konstrukční návrh (ŠKODA) 4 – nedodržení výrobního postupu (ŠKODA) – nesprávné seřízení, odchylky, výrobní / montážní nedostatky 5 – nesprávná údržba (provedení, termín...) 6 – chyba obsluhy, nedodržení provoz. předpisů 7 – porucha vznikla v závislosti na jiné poruše vozidla 8 – příčina poruchy se nachází mimo vozidlo (vadná trolej...)
Ověření	číselník	0 – prokázána 1 – domněnka 2 – nevím
Kód uzlu	atribut	Hodnota jednoznačně identifikující vadný uzel v rámci hierarchického rozpadu do uzlů příslušného vozidla (automaticky generováno na základě výběru uzlu – viz Uzel)
Uzel	číselník	Jednoznačná identifikace vadného uzlu výběrem z hierarchického rozpadu do uzlů příslušného vozidla.
Popis příčiny	atribut	Textové pole, které je určeno k podrobnému popisu příčiny poruchy
Způsob opravy	číselník	0 – neodstraněna 1 – neukončena 2 – očištěním 3 – seřízením 4 – opravou 5 – výměnou 6 – záměnou 7 – dodáním chybějících
Popis opravy	atribut	Textové pole určené pro detailní popis opravy.
ND	číselník	Zdroj náhradního dílu 0 – z garančního skladu 1 – ze závodu 2 – od zákazníka 3 – jinak
Výrobní číslo vadného	atribut	Výrobní číslo vadného dílu.
Výrobní číslo náhrady	atribut	Výrobní číslo nového dílu (kterým byl vadný nahrazen).



ID	atribut	Identifikace dílu používaná v rámci podnikového IS (BaaN V).
Vznik poruchy	atribut	Datum a čas vzniku poruchy
Nahlášení poruchy	atribut	Datum a čas nahlášení poruchy
Předání k údržbě	atribut	Datum a čas předání k údržbě
Zahájení údržby	atribut	Datum a čas zahájení údržby
Ukončení údržby	atribut	Datum a čas ukončení údržby
Předání provozovateli	atribut	Datum a čas předání zpět provozovateli
Založení záznamu	atribut	Datum a čas založení záznamu
Uzavření záznamu	atribut	Datum a čas uzavření záznamu
Místo údržby	číselník	0 – na místě 1 – dílna provozovatele (depo) 2 – dílna výrobce
Technik	číselník	Pracovník zodpovědný za údržbu. Lze zadat pomocí zaměstnaneckého čísla nebo dialogového okna.
Poznámky	atribut	Textové pole pro poznámku
Číslo servisní objednávky	atribut	Číslo odkazující na servisní objednávku
Typ revize	číselník	Intervalu preventivní údržby, ve kterém došlo k záznamu servisního zásahu.
Reference	atribut	textové pole
Mimořádná událost	číselník	Stav kdy vozidlo není schopno dokončit grafikon (nutný odtah nebo v nouzovém režimu dojezd do depa)
Časová zóna	atribut	Časová zóna v místě provozu.
Odstavení z provozu	atribut	Zaškrťovací pole – check box (ano / ne)
Název uzlu	atribut	Automaticky podle kódu uzlu



b) Kvalita dat

Kvalitu dat ovlivňuje především

- Komplettnost dat – každý servisní zásah musí být zaznamenán. Každý záznam má minimální počet povinných informací, nicméně je nutné podotknout, že k lepší znalostní databázi vede vyplňování veškerých údajů, nejen povinných.
- Shodná pravidla záznamů – kvalita analýz, jejichž vstupem jsou dané záznamy, je přímo úměrná kvalitě zaznamenávaných informací. Proces musí mít shodná pravidla pro různá vozidla i různé servisní techniky, kteří tvoří záznamy.
- Ověření / potvrzení správnosti dat – nezbytným článkem procesu je ověření / potvrzení dat zodpovědnou osobou. Dle flow procesu (viz kapitola a) je vidět, že daným kontrolním bodem je ve společnosti zodpovědný servisní manažer, který by měl provést potvrzení správnosti dat. Jiný kontrolní bod bohužel v rámci procesu neexistuje.
 - Problémem je četnost jednotlivých záznamů, která v průměru čítá přibližně 700 záznamů za měsíc. To komplikuje nebo dokonce znemožňuje tvorbu takzvané kontrolní komise (Failure Review Board), která by měla sloužit ke skutečnému posouzení relevantnosti daného záznamu. Nerelevantní data je tedy možné odfiltrvat až na závěr specialistou RAM/LCC, kde záleží na jeho zkušenosti a pečlivosti pro odchyčení případných chyb.

3 Vyhodnocení dat z provozu

Vyhodnocení dat z provozu provádí odpovědný specialista RAM/LCC pomocí automatizovaného systému, naprogramovaného pomocí maker v jazyce VBA. Specialista RAM/LCC provádí vyhodnocení dat jednotlivých projektů v separátních excelovských sešitech.

Veškeré hodnoty v tomto článku jsou ilustrativní a smyšlené! Jde pouze o ukázkou procesu a metody práce.

a) Vyhodnocení jednotlivých projektů

Jak již bylo popsáno v předešlé kapitole, specialista RAM/LCC si stáhne záznamy o poruchách z databáze. Následně pomocí speciálního excelovského sešitu, obsahujícího VBA kód, přetvoří výstup z databáze do podoby, potřebné pro vstup do excelovské sešitu pro vyhodnocení, ve formátu CSV a rozdělí data po jednotlivých projektech. Následně probíhá faktické vyhodnocení dat také ve specializovaném excelovském sešitu s využitím interně naprogramovaného VBA kódu.

Potřebné základní vstupy pro vyhodnocení dat z pohledu bezporuchovosti, udržovatelnosti a pohotovosti.

- Údaje o jednotlivých vozidlech v rámci projektu – evidence jednotlivých vozidel v rámci daného projektu. Dále datum předání provozovateli a datum uvedení do provozu, ze kterého se dle rozdílu od data vyhodnocení (nebo nastaveného data dle potřeby) počítá kumulovaná doba provozu.

Výr. číslo	Ev. číslo	Typ	Typ ŠKODA	Datum výroby	Datum převzetí	Záruka	Vyf. z prov.	Zákazník	Prov. podmínky	Garance
10608	1751	39 T	39 T	01.02.2022	17.02.2022	16.02.2024		Ostrava		313
10609	1752	39 T	39 T	01.02.2022	18.02.2022	17.02.2024		Ostrava		313
10610	1753	39 T	39 T	01.02.2022	28.02.2022	27.02.2024		Ostrava		306
10611	1754	39 T	39 T	01.02.2022	28.02.2022	27.02.2024		Ostrava		306
10612	1755	39 T	39 T	01.02.2022	28.02.2022	27.02.2024		Ostrava		306
10613	1756	39 T	39 T	01.02.2022	28.02.2022	27.02.2024		Ostrava		306
10623	1766	39 T	39 T	01.04.2022	27.04.2022	26.04.2024		Ostrava		248
10624	1767	39 T	39 T	01.05.2022	12.05.2022	11.05.2024		Ostrava		233
10625	1768	39 T	39 T	01.05.2022	31.05.2022	30.05.2024		Ostrava		214
10626	1769	39 T	39 T	01.05.2022	31.05.2022	30.05.2024		Ostrava		214
										2 759 ΣG [d]
										7,56 ΣG [r]

Obrázek 4 – Přehled vozidel v provozu a jejich záruční době



- Rozpad daného vozidla s ohodnoceným množstvím jednotlivých systémů a komponent – používáme rozpad, který vychází z EN 15 380-2, kterou současně používá technický úsek a to zajišťuje strukturované předávání informací. Jedná se o MPG/SPG strukturu pro klasifikace a označování skupina a podskupin kolejových vozidel, kde norma zároveň říká, že každý jednotlivý výrobce si může nižší úroveň rozpadu definovat dle svých potřeb.

Č.uzlu	Název uzlu	Mn.	MRT [h]	MTBF [h]	Λ [1/h]	Č.uzlu	Název uzlu	Mn.	MRT [h]	MTBF [h]	Λ [1/h]	Č.uzlu	Název uzlu	Mn.	MRT [h]	MTBF [h]	Λ [1/h]	Č.uzlu	Název uzlu	Mn.
501	Větrání, topení a klimatiz	1	5,20	1 424	7,02E-04	LB	Nasávání / vytlačování vz	1	0,00	#DELENI_NULOU!	0,00E+00	LC3	Jednotka klima: šláuku, voz	2	3,00	132 432	7,55E-04	LC11	Vzduchový filtr	1
502						LB1	Vstup vzduchu	2		#DELENI_NULOU!		LC12	Ventilátor - kondenzátor	1				LC13	Kompresor	1
503						LB2	Výstup vzduchu	2		#DELENI_NULOU!		LC14	Filtrovací prvek	1				LC15	Klapka šeravého vzduchu	1
504						LB3	Ventilace kabiny	0	0,00	#DELENI_NULOU!	0,00E+00	LC16	Servopohon klapky	1				LC17	Měnič	0
505												LC18	Ventilátor - podávač	1				LC19	Ventilátor - podávač	1
506												LC20	Rození - HW	1				LC21	Rození - SW	1
507												LC22	Kompresor	1				LC23	Filtrovací prvek	1
508												LC24	Klapka šeravého vzduchu	1				LC25	Servopohon klapky	1
509												LC26	Měnič	1				LC27	Ventilátor - podávač	1
510												LC28	Ventilátor - podávač	1				LC29	Rození - HW	1
511												LC30	Rození - SW	1				LC31	Topinka	1
512												LC32	Ventilátor	1				LC33	Podavač	1
513												LC34	Podavač	1						
514																				
515																				
516																				
517																				
518																				
519																				
520																				
521																				
522																				
523																				
524																				
525																				
526																				
527																				
528																				
529																				
530																				
531																				
532																				
533																				

Obrázek 5 – Rozpad vozidla určený pro sběr a vyhodnocení dat

- Data z provozu – záznamy o servisních zásazích

	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N	AM	AN	AO	AP	AQ		
26	20220303-31-99-02	39 T	10608	1751	0	0	2	1	v kabině ne	4	0	PF1	Nepřipojený	03.03.2022 17:00	03.03.2022 18:00	04.03.2022 00:00	04.03.2022 00:00	04.03.2022 01:00	04.03.2022 01:00	
27	20220304-31-99-00	39 T	10610	1753	0	1	2	2	výstražna ruč	2	0	GC1	špatně zkal	03.03.2022 15:00	04.03.2022 00:00	04.03.2022 00:00	04.03.2022 00:00	04.03.2022 01:00	04.03.2022 01:00	
28	20220306-31-99-00	39 T	10611	1754	641	2	1	0	nefunkční fi	0	0	NB1B	špatně seřazen vysílač X	přijímač	06.03.2022 23:00	06.03.2022 23:00	06.03.2022 23:00	07.03.2022 00:00	07.03.2022 00:00	
29	20220310-31-99-00	39 T	10613	1756	239	2	1	0	nefunkční č	0	0	JG4	nefunkční motor rolety	čelního skla,	rt	10.03.2022 09:00	10.03.2022 09:00	10.03.2022 09:00	10.03.2022 12:00	10.03.2022 12:00
30	20220310-31-99-01	39 T	10611	1754	239	2	1	0	nefunkční č	0	0	JG4	nefunkční motor rolety	čelního skla,	rt	10.03.2022 09:00	10.03.2022 09:00	10.03.2022 11:00	10.03.2022 13:00	10.03.2022 13:00
31	20220310-31-99-02	39 T	10609	1752	5 662	2	1	0	nevyviná os	0	0	KC1	vyhořelá relé	K192 včetně patice		10.03.2022 23:00	10.03.2022 23:00	10.03.2022 23:00	11.03.2022 02:00	11.03.2022 02:00
32	20220313-31-99-00	39 T	10612	1755	0	2	1	0	nejde nastá	6	0	DC	neznalost obsluhy,	řadič - SW		13.03.2022 23:00	13.03.2022 23:00	14.03.2022 00:00	14.03.2022 01:00	14.03.2022 01:00
33	20220313-31-99-01	39 T	10609	1752	0	2	1	0	netopí do ku	6	0	LD	neznalost obsluhy -	zavěšené spodní		13.03.2022 23:00	13.03.2022 23:00	13.03.2022 23:00	14.03.2022 00:00	14.03.2022 00:00
34	20220314-31-99-00	39 T	10613	1756	239	2	1	0	porucha chl	6	0	FD3	vadná řídicí karta	S1405C3		14.03.2022 09:00	14.03.2022 09:00	14.03.2022 09:00	14.03.2022 18:00	14.03.2022 18:00
35	20220314-31-99-01	39 T	10611	1754	0	2	1	0	ovladač zrc	4	0	JG1	větší otvor v	pultu, ulomená jedna	ar	14.03.2022 09:00	14.03.2022 09:00	14.03.2022 12:00	14.03.2022 13:00	14.03.2022 13:00
36	20220314-31-99-02	39 T	10609	1752	0	2	1	0	vůz poskák	2	0	GC	neznalost obsluhy	funkce protiskluz		14.03.2022 09:00	14.03.2022 09:00	14.03.2022 09:00	14.03.2022 10:00	14.03.2022 10:00
37	20220314-31-99-03	39 T	10611	1754	0	2	1	0	nefunkční p	6	0	JG7	Neznalost obsluhy			14.03.2022 09:00	14.03.2022 09:00	14.03.2022 10:00	14.03.2022 11:00	14.03.2022 11:00
38	20220315-31-99-00	39 T	10613	1756	0	2	1	0	neodbrzdí	0	0	RB	vadné relé	finder pro SecBrake		15.03.2022 09:00	15.03.2022 09:00	15.03.2022 11:00	16.03.2022 17:00	16.03.2022 17:00
39	20220315-31-99-01	39 T	10613	1756	0	2	1	0	porucha f.c	0	0	NB1	vadné relé -	pro nulovou rychlost		15.03.2022 09:00	15.03.2022 09:00	15.03.2022 11:00	15.03.2022 13:00	15.03.2022 13:00
40	20220316-31-99-00	39 T	10609	1752	0	2	1	0	vůz poskák	2	0	GC	neznalost obsluhy	funkce protiskluz		16.03.2022 00:00	16.03.2022 00:00	16.03.2022 00:00	16.03.2022 02:00	16.03.2022 02:00
41	20220317-31-99-00	39 T	10612	1755	0	2	1	0	utržený mi	6	0	PF	vandalismus	obsluhy a chyba konstr		17.03.2022 00:00	17.03.2022 00:00	17.03.2022 00:00	17.03.2022 02:00	17.03.2022 02:00
42	20220319-31-99-00	39 T	10613	1756	0	3	1	0	Porucha ch	2	1	F	Chyba v SW,	opakující se celý týden		19.03.2022 02:00	20.03.2022 23:00	20.03.2022 23:00	21.03.2022 03:00	21.03.2022 03:00
43	20220319-31-99-01	39 T	10609	1752	0	3	1	0	Nefunguje t	0	1	L	Nezjištěn	problém, funkčné vyzkouš		19.03.2022 02:00	20.03.2022 23:00	20.03.2022 23:00	21.03.2022 03:00	21.03.2022 03:00
44	20220319-31-99-02	39 T	10612	1755	0	3	1	0	Porucha ch	2	1	F	Chyba v SW,	opakující se celý týden		19.03.2022 02:00	20.03.2022 23:00	20.03.2022 23:00	21.03.2022 03:00	21.03.2022 03:00
45	20220319-31-99-03	39 T	10609	1752	0	3	1	0	Porucha ch	2	1	F	Chyba v SW,	opakující se celý týden		19.03.2022 02:00	20.03.2022 23:00	20.03.2022 23:00	21.03.2022 03:00	21.03.2022 03:00
46	20220319-31-99-04	39 T	10610	1753	0	3	1	0	Porucha mi	2	1	MC	Při kontrole	nebyl zjištěn problém,		z 19.03.2022 02:00	20.03.2022 23:00	20.03.2022 23:00	21.03.2022 03:00	21.03.2022 03:00

Obrázek 6 – Jednotlivé záznamy servisních zásahů vstupující do vyhodnocení



Vyhodnocení dat probíhá pomocí naprogramovaného tlačítka v jazyce VBA, které nejprve vyzve k zadání vstupního souboru s daty (ve formátu CSV), a následně proběhne výpočet sledovaných parametrů dle metod pro stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti.

Sledované parametry bezporuchovosti, pohotovosti a udržovatelnosti:

- A [%] – Availability – inherentní (vlastní) pohotovost
- MTTR [h] – Mean Time To Restoration – Střední doba do obnovy – čas na obnovu systému, zahrnující logistická zpoždění
- MRT [h] – Mean Repair Time – Střední doba opravy – čistý čas opravy, za ideálních podmínek bez logistických zpoždění
- MTBF [h] – Mean Time Between Failure – Střední doba mezi poruchami
- MDBF [km] – Mean Distance Between Failure – Střední vzdálenost mezi poruchami

Projekt	RAM parametry z garančního provozu	V ý p o č e t
A [1]	0,995	
MTTR [h]	16,57	
MRT [h]	7,57	
MTBF [h]	1 392,28	
MDBF [km]	8 818	
Období od	21.02.2022	
do	31.12.2022	
<input checked="" type="checkbox"/> Projev_poruchy	<input checked="" type="checkbox"/> Provozní kategorie:	<input checked="" type="checkbox"/> Příčina:
<input checked="" type="checkbox"/> 0 - neschopnost na trati	<input type="checkbox"/> 0 - Zanedbatelná	<input checked="" type="checkbox"/> 0 - díl / materiál
<input checked="" type="checkbox"/> 1 - činnost ochran	<input checked="" type="checkbox"/> 1 - Malá	<input checked="" type="checkbox"/> 1 - opotřebení
<input checked="" type="checkbox"/> 2 - omezení činnosti	<input checked="" type="checkbox"/> 2 - Velká	<input checked="" type="checkbox"/> 2 - software
<input checked="" type="checkbox"/> 3 - nestabilní funkce	<input checked="" type="checkbox"/> 3 - Závažná	<input checked="" type="checkbox"/> 3 - konstrukce
<input checked="" type="checkbox"/> 4 - mechanické poškození		<input checked="" type="checkbox"/> 4 - výroba
<input checked="" type="checkbox"/> 5 - riziko činnosti		<input checked="" type="checkbox"/> 5 - nesprávná údržba
<input checked="" type="checkbox"/> 6 - nález při prohlídce		<input type="checkbox"/> 6 - lidský faktor
		<input checked="" type="checkbox"/> 7 - závislá porucha
		<input type="checkbox"/> 8 - externí porucha
r [1]	47 ... počet poruch	
ΣG [r]	7,56 ... součet doby garance	
ΣTTR [h]	779 ... součet doby do obnovy	
ΣRT [h]	356 ... součet doby opravy	
ØD [km/d]	152 ... průměrný denní projezd	

Obrázek 7 – Výsledné hodnoty vyhodnocení dat z provozu a základní filtry

V rámci vyhodnocení spolehlivosti je možné nastavit sledované období, dále využít základní filtry týkající se způsobu projevu poruchy, provozní kategorie (závažnost poruchy s vlivem na provoz) a příčinu poruchy (viz obrázek 7). Veškeré atributy, které je možné využít v rámci základních filtrů, jsou součástí každého jednotlivého záznamu o servisním zásahu.



b) Využití sběru a vyhodnocení dat v rámci společnosti a interních procesů

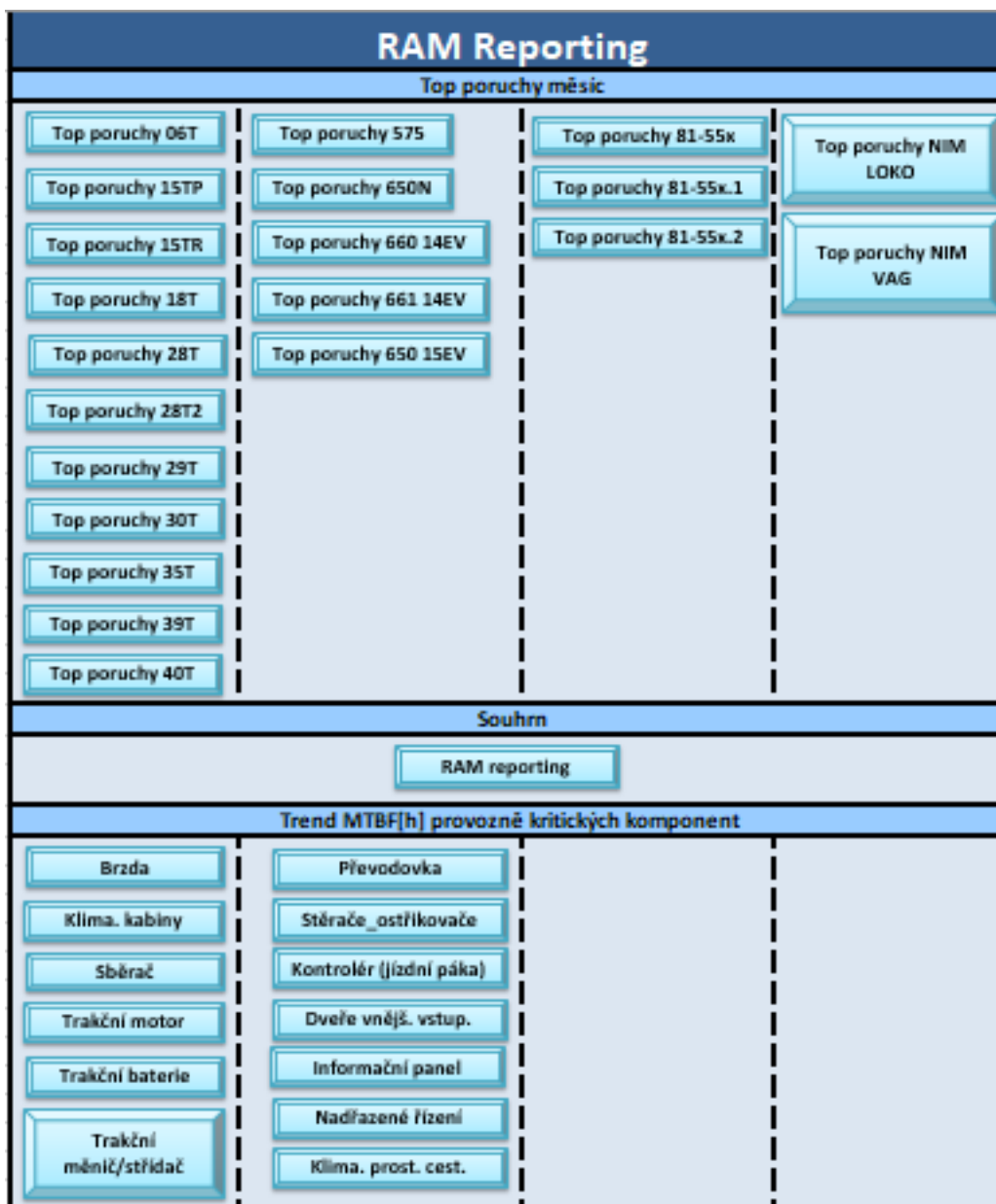
Sesbíraná data se využívají jako vstupy do veškerých analýzy tvořených specialisty RAM/LCC, typicky se jedná o:

- RAM model
 - studie RAM parametrů vozidla na základě požadavků zákazníka, platných norem či interních předpisů včetně alokace na jednotlivé části vozidla (systémy, komponenty).
- LCC analýza – údržba po poruše
 - ekonomický model nákladů životního cyklu spojených s vlastnictvím a provozem vozidla. Vždy jsou součástí LCC analýzy náklady na preventivní údržbu a údržbu po poruše.
- RAM-FMECA analýza – kritičnost
 - analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) je systematický postup analýzy systému za účelem zjištění potenciálních způsobů poruch, jejich příčin a důsledků na technické parametry (výkonnost) systému zkoumané pro spolehlivost vozidla.
- RAM reporting managementu společnosti
 - v neposlední řadě se sběr a vyhodnocení dat z provozu využívá k pravidelnému měsíčnímu reportování managementu společnosti a relevantním uživatelům, primárně z technického úseku, kteří se vybraným problémům následně věnují.



c) Ukázka přehledu výstupů v pravidelném měsíčním RAM reportingu

Pravidelný reporting obsahuje základní menu pro orientaci v daném excelovském sešitu.



Obrázek 8 – Základní navigační menu pravidelného reportingu pro management

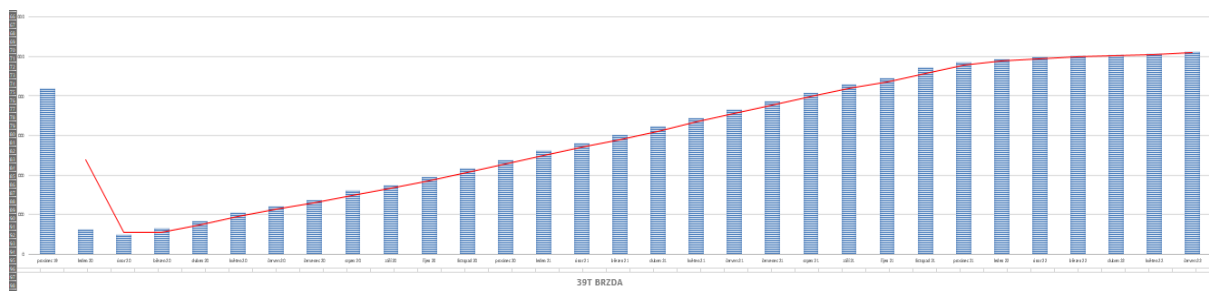


Dále je součástí přehled spolehlivostních parametrů všech provozovaných projektů a vybraných spolehlivostně relevantních systémů / komponent.

Zpět MENU										
A [%] - Pohotovost		99,4%		98,6%		99,5%		96,7%		66,1%
MTBF [h] - Střední doba mezi poruchami		1 408		1 008		1 096		1 392		1 256
MTTR [h] - Střední doba do obnovy		8,8		31,2		12,0		5,7		7,2
MRT [h] - Doba opravy				14,2		5,2		2,9		3,4
MDBF [km] - Střední vzdálenost mezi poruchami		8 798		5 668		7 308		8 818		291
Tramvaje										
Název uzlu	Pro1		Pro2		Pro3		Pro4		Pro5	
	Mn.	MTBF [h]	Mn.	MTBF [h]	Mn.	MTBF [h]	Mn.	MTBF [h]	Mn.	MTBF [h]
Brzda (brzdová jednotka)	6	201 503	16	173 394	10	1 813 893	6	132 432	8	
Klimatizace kabiny	1	173 514	1	210 240	1	27 670	1	5 297	2	4 723
Sběrač	1	1 041 118	1	42 048	1	148 409	1	16 554	2	
Trakční motor (sestava)	6	271 575	12	525 600	6	1 088 336	4		8	2 362
Trakční baterie										
Trakční měnič/střídač	3	208 223	4	143 345	3	272 084	2	18 059	4	
Převodovka	6	1 249 172	0		6	653 002	4		8	
Stěrač + ostřikovač	1	28 916	2	350 400	1	148 409	1	22 072	2	5 904
Kontrolér (jízdní páka)	1	57 837	1	150 171	1	62 789	1	2 452	2	2 147
Dveře (vnější pro cestující)	6	93 234	6	84 096	5	69 765	5	2 411	10	1 905
Informační panel	12	3 123 358	11		10	3 673 134	5	19 865	10	3 542
Nadřazené řízení (NŘ)	1	30 620	1	42 048	1	148 409	1	526	1	2 362
Displej NŘ	1	86 758	1	525 600	1	96 030	1	132 432	2	11 808
Kamerový systém	1	29 746	1	75 086	1	74 205	1	2 593	1	799
Tachograf	1	130 138	1	30 034	1		1		2	
Klimatizace prost. pro cest.	0		3	225 257	3	54 417	2	132 432	2	4 723

Obrázek 9 – Přehled spolehlivosti projektů a spolehlivostně relevantních systémů / komponent

Nově jsou na popud technického úseku přidávány listy s trendovými ukazateli vývoje parametru MTBF u vytipovaných spolehlivostně relevantních systémů / komponent.



Obrázek 10 – Trend vývoje parametru MTBF pro jeden ze systémů konkrétního projektu



Důležitou informací pro zpětnou vazbu do technického úseku představují listy top poruch za daný měsíc pro každý jednotlivý projekt, protože zobrazují konkrétní detailní data.

Pro3 - kritické uzly (měsíc)		Období	prosinec 22			Zpět MENU
Č.uzlu	Název uzlu	Mn. uzlů (souprava)	Počet hodin nezpůsobilosti provozu za poslední měsíc - od nahlášení do předání (flotila)	Celková doba opravy v hodinách (odstavení) za poslední měsíc (flotila)	Poruch / měsíc (flotila)	
NC2	--Dveře kabiny strojevodoucího	2	24	24	11	
JC26	---Switch (POE)	6	13	13	2	
L	Větrání, topení a klimatizace	1	13	13	10	
DC2	--Sedadlo řidiče / strojevod.	2	8	8	5	
JG7	--Podnožka	2	6	6	4	
MC	--Mazací zařízení	2	5	5	1	
NB1	--Vstupní dveře	10	5	5	4	
GC1	--Hlavní kontrolér	2	3	3	2	
DF2	--Háček na šaty	2	3	3	2	
KB1I	---LED pásek	1	3	3	2	
JB7	--Pojistky, jističe	79	3	3	2	
GC	--Řízení jízdy a brzdy	1	2	2	1	
JC1	--Záznam rychlosti (tachograf)	1	2	2	1	
KB1F	---Světlo mlhové-Přední	2	2	2	1	
MC4	--Rozvody na podvozku	1	2	2	1	

Obrázek 11 - Top poruchy v daném měsíci pro konkrétní projekt

4 Závěr

Nástroje, které jsou pro sběr dat a jejich vyhodnocení používány, se stále vyvíjí. Je snaha o zvýšení automatizace jednotlivých kroků procesu. Společnost si uvědomuje, že pro stále se zvyšující objem dat a potřeby rozvoje problematiky již není MS Excel a zastaralý IS BaaN dostačující. Aktuálně probíhá implementace specializovaného systému pro řízení servisu IBM Maximo, který by měl zastřešit majoritní část této problematiky. Navíc je tu velké téma prediktivní diagnostiky a obecně diagnostických systémů. Tyto systémy by měly v co největší míře zautomatizovat rutinní kroky a minimalizovat lidský faktor, který může do dat vnášet řadu chyb.

Současně zároveň probíhá tvorba tzv. spolehlivostní databáze napříč všemi projekty, která bude disponovat přehledem hodnot o bezporuchovosti a udržitelnosti. Tuto databázi bychom v budoucnu rádi využívali ke snazší orientaci a využívání informací z vybraných projektů pro predikční analýzy budoucích projektů.

5 Použité zdroje

- [1] ČSN EN 50126-1 ed. 2:2019 Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Generický proces RAMS
- [2] Interní dokumenty ŠKODA TRANSPORTATION a.s.



Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
Řešení problematiky spolehlivosti (RAM/LCC) ve společnosti Škoda Transportation
(součást Škoda Group) a ukázka dílčích témat/procesů, 21. 2. 2023, Plzeň

ISBN 978-80-02-03010-2

**Řešení problematiky spolehlivosti (RAM/LCC) ve společnosti Škoda Transportation
(součást Škoda Group) a ukázka dílčích témat/procesů**

Sborník přednášek

kolektiv autorů

1. vydání

rok vydání 2023, Česká společnost pro jakost

vazba brožovaná, 29 stran