



## **Program řízeného stárnutí v JE Dukovany**

Materiály z **90. semináře** Odborného centra **Spolehlivost**  
konaného dne **10. 9. 2024** v **jaderné elektrárně Dukovany**

Odborní garanti semináře:

Ing. **Jan Kamenický**, Ph.D. – Technická univerzita v Liberci

Ing. **František Švéda** – ČEZ, a.s., JE Dukovany



## Obsah

### **Informace o elektrárně, údržbě a MaR.....3**

Ing. František Švéda  
ČEZ - EDU

### **Hodnocení spolehlivosti - úvod.....17**

Ing. František Švéda  
ČEZ - EDU

### **Hodnocení spolehlivosti - výstupy (zpráva pro SÚJB a detailní data) .....35**

Ing. Jaroslav Zajíček, Ph.D.  
Technická univerzita v Liberci

### **Vizualizace zpracovaných dat hodnocení spolehlivosti .....48**

Ing. Petr Šimo  
ČEZ - EDU



## Informace o elektrárně, údržbě a MaR

**Ing. František Švéda**

ČEZ-EDU

frantisek.sveda@cez.cz



Prezentace semináře OSC 2024 - Představení PoZ

( péče o zařízení SKŘ, MaR, I&C, . . . )

František ŠVÉDA  
10.9.2024





## OBSAH



- Úvod – útvar „Péče o zařízení“
- Oddělení DU260
- Přehled zařízení



2

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ



- **Úvod – útvar „Péče o zařízení“**
- **Oddělení DU260**
  - Náplň a poslání oddělení
  - Složení PoZ SKŘ
- **Přehled zařízení**
  - Bezpečnostní systémy
  - Řídící systémy
  - Chemie a diagnostika
  - Radiační kontrola
  - Polní instrumentace
  - Protipožární systémy
- **Modernizace**



3



## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ



- **Odpovědnost za technický stav zařízení**
- **Tvorba systému preventivní údržby a pravidelných kontrol**
  - Dle závazné legislativy ( celostátní, SUJB , ČEZ )
  - Dle stavu zařízení a vývoje poruchovosti
  - Dle spolehlivosti a vývoje zastarávání zařízení
- Návrhy modernizací a rekonstrukcí
- Zabezpečení náhradních dílů
- Tvorba a udržování provozní dokumentace a předpisů
- Jednání s výrobcí, státními orgány, dalšími útvary ČEZ



4

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ – ORGANIZAČNÍ SCHÉMA



- Cca 200 pracovníků ( 8 oddělení )
- DU210 analýzy výkonnosti údržby
- DU220 správa zařízení PRIMÁRNÍ části
- DU230 správa zařízení SEKUNDÁRNÍ části
- DU240 správa zařízení STAVBA
- DU250 transportně technologická část
- DU260 správa SKŘ - systémů komunikace a řízení
- DU270 správa zařízení ELEKTRO
- DU280 inženýrská podpora ( příprava oprav )



5

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ SYSTÉMŮ KONTROLY A ŘÍZENÍ ( MĚŘENÍ A REGULACE )



### **Cca 5,5 tis. rozvaděčů a cca 50 000 snímačů, čidel a měřicích obvodů**

- Bezpečnostní systémy (řízení reaktoru, , měření neutronového toku, mapování aktivní zóny, pohavarijní monitoring)
- Řídicí systémy (řízení turbogenerátoru a jeho ochrany, automatiky a regulace)
- Informačně výpočetní systémy
- Diagnostické systémy (slouží k mapování stavu strojů a jejich vnitřní diagnostice)
- Počítačové sítě (+ kybernetická bezpečnost)
- Protipožární systémy (automatické, signalizační . . .)
- Systémy radiační kontroly (měření osob, technologie, okolí, výpustí, prostředí - dozimetrie)
- Chemická měření a analyzátory (parametry vody, plynů a její úprava, boroměry . . .)
- Další instrumentace (snímače, čidla, kabeláž, chladiče, impulsní potrubí, ventily . . .)



6

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ SYSTÉMŮ KONTROLY A ŘÍZENÍ ( MĚŘENÍ A REGULACE )



Organizační schéma oddělení DU260



OS DU260



7



## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ



- **Oddělení DU260**
  - Náplň a poslání oddělení
  - Složení PoZ SKŘ
- **Přehled zařízení**
  - Bezpečnostní systémy
  - Řídicí systémy
  - Chemie a diagnostika
  - Radiační kontrola
  - Polní instrumentace
  - Protipožární systémy



8



# Bezpečnostní systémy





## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ      BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY



### Zabezpečení chlazení aktivní zóny reaktoru a její monitorování ( bezpečná porucha - nejsem si jistý / nemám informace = vypínám )

- Řízení a regulace reaktoru
- Bezpečnostní systémy pro řízení havarijního chlazení  
( 3 divize/navíc zdvojené, výběry snímačů 2/3, autodiagnostika . . . )
- Monitorování aktivní zóny ( rozložení ohřevu kazet a neutronového toku )
- Pohavarijní monitorovací systém
- Informačně-výpočetní systém pro blokovou / nouzovou dozornu



10



## Řídící systémy





## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ

## ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY



### Automatické / ruční řízení technologie a strojních / elektrických zařízení

- Řízení systém turbobenerátoru ( ochrana / regulace / řízení )
- Řídicí systém primáru / sekundáru / blokové a nouzové dozorny
- Regulace a automatiky společného zařízení ( pro 2 bloky ) a venkovních objektů
- Dozorny
  - Blokova a nouzová
  - Společná
  - Vzduchotechniky
  - Centrální čerpací stanice a ČS Jihlava
  - Venkovních objektů chemické provozy a plynová hospodářství



12

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ ŘÍDÍCÍ SYS

## TÉMY



Řídicí systém Řídicí systém

výrobce ZAT Schneider

electric





## Chemie a diagnostika



POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ

CHEMIE A DIAGNOSTIKA



### **Zabezpečení monitoringu parametrů chemicko -fyzikálních vlastností používaných kapalin a plynů**

- vodivost, obsah a koncentrace vodíku, kyslíku, obsahu bóru

### **Monitorování stavu vybraných strojů a zařízení**

- chvění lopatek TG
- Sledování volných částic
- Posuvy parorenerátorů
- Seismicita
- Chvění HCČ



15

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ

## CHEMICKÉ ANALYZÁTORY



Univerzální analyzátor HACH SC1000 Analyzátor  
( měření NaOH, vodivosti a pH ) SWAN



(obsah O<sub>2</sub>)



16



## Systemy radiační kontroly



## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ

## SYSTÉMY RADIČNÍ KONTROLY



**Monitorování radiční situace ( 15 podsystémů měření aktivity ) :**

- osob ( osobní dozimetrie )
- prostředí
- technologie ( detekce úniku )
- okolí
- Výpustí ( odpady, kapalné a plynné výpusti )



18

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ

## SYSTÉMY RADIČNÍ KONTROLY



Měření kontaminace  
v hygienických  
smyčkách



19



## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ      SYSTÉMY RADIČNÍ KONTROLY



Kontrola aktivity výpustí  
( systém KALINA )



20



## Protipožární systémy





## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ

## PROTIPOŽÁRNÍ SYSTÉMY



### Automatická signalizace požáru a případný zásah

- Hašení olejového hospodářství turbogenerátoru ( vodní mlha )
- Hašení traf vyvedení výkonu ( vodní mlha )
- Hašení kabelových prostor ( vodní mlha )
- Dieselgenerátory ( aerosol + vodní mlha )
- Hašení místnosti hlavních cirkulačních čerpadel ( plyn FM200 )
- Místnosti řídicích/bezpečnostních systémů a blokových dozoren ( plyn )
- Zabezpečení budov ( signalizace – požární útvar )



22



## Polní instrumentace



## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ POLNÍ INSTRUMENTACE



- Měření neutronového toku
- Snímače tlaku, hladiny, teploty  
( měření hladiny radarem, ultrazvukem, indukční průtokoměry . . . )
- Měření posuvů a chvění
- Měření přítomnosti a koncentrací plynů ( vodík, kyslík, . . . )
- Zobrazovací přístroje
- Ovládací prvky ( MMI )
- Kabeláž
- Hermetické průchodky
- Impulsní potrubí a ventily

...

24

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ POLNÍ INSTRUMENTACE



Snímače tlaku na stendu strojovny



Přístroj  
na dozorně





POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ



Dotazy ?



26



Děkuji za pozornost







## Hodnocení spolehlivosti - úvod

**Ing. František Švéda**

ČEZ-EDU

frantisek.sveda@cez.cz



# Prezentace semináře OSC 2024 Sledování a řízení spolehlivosti

František ŠVÉDA  
10.9.2024





## OBSAH



- Úvod
- Poruchy a jejich sledování
- Hodnocení a využití dat
  - Náhradní díly
  - Plánování modernizací
- Současný vývoj a výhled



2



# Úvod





## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ



- **Odpovědnost za technický stav zařízení**
- **Tvorba systému preventivní údržby a pravidelných kontrol**
  - Dle závazné legislativy ( celostátní, SUJB , ČEZ )
  - Dle stavu zařízení a vývoje poruchovosti
  - Dle spolehlivosti a vývoje zastarávání zařízení
- **Zabezpečení náhradních dílů**
- **Návrhy modernizací a rekonstrukcí**
- Tvorba a udržování provozní dokumentace a předpisů
- Jednání s výrobcí, státními orgány, dalšími útvary ČEZ

...

4

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ SYSTÉMŮ KONTROLY A ŘÍZENÍ ( MĚŘENÍ A REGULACE )



### **Cca 5,5 tis. rozvaděčů a cca 50 000 snímačů, čidel a měřicích obvodů**

- Bezpečnostní systémy (řízení reaktoru, , měření neutronového toku, mapování aktivní zóny, pohavarijní monitoring)
- Řídicí systémy (řízení turbogenerátoru a jeho ochrany, automatiky a regulace)
- Informačně výpočetní systémy
- Diagnostické systémy (slouží k mapování stavu strojů a jejich vnitřní diagnostice)
- Počítačové sítě (+ kybernetická bezpečnost)
- Protipožární systémy (automatické, signalizační . . .)
- Systémy radiační kontroly (měření osob, technologie, okolí, výpustí, prostředí - dozimetrie)
- Chemická měření a analyzátory (parametry vody, plynů a její úprava, boroměry . . .)
- Další instrumentace (snímače, čidla, kabeláž, chladiče, impulsní potrubí, ventily . . .)

...

5



## Poruchy a jejich sledování



### PORUCHY A JEJICH SLEDOVÁNÍ



- **Hlavní zdroje :**
  - Úkoly pracovních příkazů ( žádanky na práci )
  - Zásahy směnového personálu ( PDS – provozní deník směny )
  - Fasování náhradních dílů
  - Díly zaslané do opravy
  - SNAP - PnČ
- **Dále :**
  - Roční hodnotící zpráva FRAMATOME
  - Roční zpráva dodavatele Logického Celku ( firmy I&C Energo , VF, a.s. )
  - Roční zpráva TUL
  - Hodnocení stavu systémů ( Health-reporty )



## Hodnocení a využití dat



### HODNOCENÍ A VYUŽITÍ DAT



- **Náhradní díly**
  - Skladová zásoba ( min. / max. ) - Katalog zařízení
    - Automatické objednávání ( žádanka na materiál – odfasování )
    - Předzásobení - jednorázově ( ukončení výroby / zvýšená poruchovost )
  - **Modernizace**
    - Plánování na základě blížícího se konce skladových zásob
      - Požadavek na EKVIVALENT ( neexistence ND ) *tam, kde je to možné*
    - Plánování na základě ukončení podpory původního výrobce
      - Požadavek na EKVIVALENT ( neexistence ND )
    - Modernizace / náhrada systému ( částečná / kompletní výměna )





## PROBLEMATIKA NÁHRADNÍCH DÍLŮ



ČISTÁ  
ENERGIE  
ZITŘKA....

## PROBLEMATIKA NÁHRADNÍCH DÍLŮ



### **Politika ND – proběhly 3 fáze :**

- Požadavek na snížení skladových zásob a nároků na skladové hospodářství
  - Tabulka s cenami a pohybem
  - Dokladování a zdůvodňování nepohyblivých položek
- Divizní tým na sledování výše skladových zásob ( určena finanční hladina a KPI )

### **Nyní : Požadavek na předzásobení a zabezpečení oprav v delším horizontu**

- Nastavování hladin ( povinně u důležitých zařízení )

### **Problémy :**

- Dlouhé dodací lhůty
- Požadavky na minimální odebrané množství
- Ukončování výroby ( vliv německého ústupu od jádra – Siemens, apod. )
- Výrobci nejsou ochotni dodávat v požadované kvalitě ( certifikáty, osvědčení, audity, jakost )

....

- např. snímače DG, analyzátory vodíku, ventily, teploměry . . . opravy jednotek

11

## PROBLEMATIKA NÁHRADNÍCH DÍLŮ



### Směna MaR a TIS

- PZND směna ( pohotovostní zásoba náhradních dílů )
  - Inventury, kalibrace, testování, „cyklování“ baterií v kartách . . . )
- Sklad ND firma/směna ( ŽnM – žádanka na materiál – SDI )
  - Nahodilá údržba ( hotovosti )
  - Plánovaná / preventivní údržba ( ŽnM – žádanka na materiál – rezervace )
- **Ve skladech PZND není ( a nikdy nebude ) úplně všechno !!!**

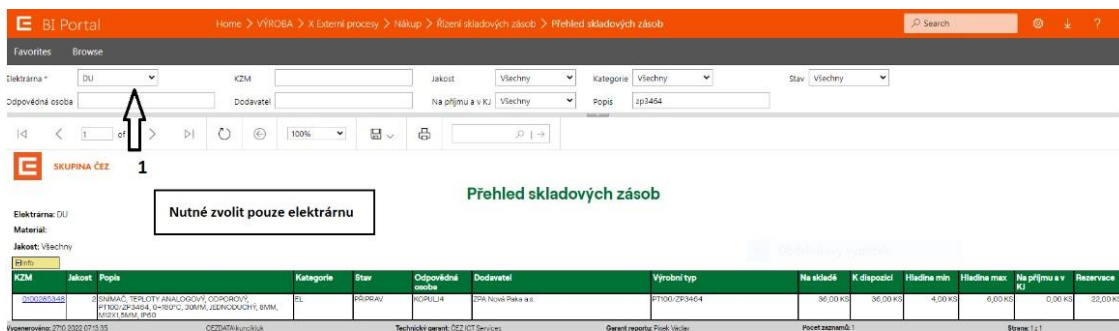
### Péče o ND

- Nastavení hladiny ND ( PoZ v AS8 – pro obchod, ne všude )
- Zkoušení ND ve skladech ( testery, PPV, kalibrace )
- Požadavek na ekvivalent (TPo – TIPOM – inženýring )



12

## PROBLEMATIKA NÁHRADNÍCH DÍLŮ

BI Portal Home > VÝROBA > X. Externí procesy > Nákup > Řízení skladových zásob > Přehled skladových zásob

Elektrárna \* DU KZM Jakost Všechny Kategorie Všechny Stav Všechny

Dopovědná osoba Dodavatel Na příjmu a v Kz Všechny Popis zp3454

1

**Nutné zvolit pouze elektrárnu**

**Přehled skladových zásob**

KZM	Jakost	Popis	Kategorie	Stav	Dopovědná osoba	Dodavatel	Výrobní typ	Na skladě	K dispozici	Hladina min	Hladina max	Na příjmu a v Kz	Rezervace
D000000000	3	DINAMIC, TERPLOTY ANALOGOVY, GORPORYV, P1700, ZP3454, 0-180°C, 30MM, ZEDROUČENÍ, 65MM, 1100X1, 1100X1, IP60	EL	PŘÍJMA/V	KOPUL4	EPB Nové Páko a.s.	P7000_ZP3454	36,00 KSt	36,00 KSt	4,00 KSt	6,00 KSt	0,00 KSt	02,00 KSt

Výgenerováno: 27.0.2022 07:13:35 CEZDATA.kucirkka Technický garant: CEZ ICT Services Ověření reportu: Piskl Václav Počet záznamů: 1 Strana: 1 z 1



13



## PROBLEMATIKA NÁHRADNÍCH DÍLŮ



Množství, které je aktuálně na centrálním skladě EDU

Množství, které je na skladě k vyzvednutí. Položky, které jsou rezervované přes ŽNM jsou ze stavu skladu odečteny.

14

## PROBLEMATIKA NÁHRADNÍCH DÍLŮ



Obr. D200

vidím také celkový počet ND v různých jakostech

Obr. D201 - viz vedle MIN a MAX hladina

PZND

15





## PROBLEMATIKA NÁHRADNÍCH DÍLŮ



- Smlouvy s výrobcí o dlouhodobé podpoře a opravách ND
  - Sledování součástí na trhu a stav dostupných ND
  - Návrhy re-desingu karet a jednotek ( astronomické náklady – kusové zakázky )
- Sledování poruchovosti
- Kontakty na další elektrárny ( vzájemná výpomoc )
  
- Náhrady systémů z důvodu nedostatku ND ( nepodařilo se uzavřít smlouvu )



16



Hodnotící zprávy





## HODNOTÍCÍ ZPRÁVY



- FRAMATOME – Obsolescence program
- TUL – Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ
- Roční zpráva hodnocení údržby dodavatelů ( I&C Energo, VF, a.s. )
- Health -reporty
  - Roční zpráva stavu systému jednotlivými správci
  - Opatření dle výsledné „BARVY“ H -R ( povinné )



18

## HODNOTÍCÍ ZPRÁVY



- FRAMATOME – Obsolescence program
- TUL – Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ
- Health -reporty
  - Roční zpráva stavu systému jednotlivými správci
  - Opatření dle výsledné „BARVY“ H -R ( povinné )
- Roční zpráva hodnocení údržby dodavatelů ( I&C Energo, VF, a.s. )



19



## FRAMATOME ( OBSOLESCENCE PROGRAM )



**Hlavním smyslem programu je :**

- Udržení inženýrské podpory
  - vývoj, realizace změn, udržitelnost, SW vybavení a schopnost jeho úprav
- Spolehlivost a poruchovost
  - Porovnání s projektovou poruchovostí jednotlivých komponent, typy „prolamujících“ proj. poruchovost
- Schopnost dodávat a opravovat náhradní díly
- Průběžné inženýrské mítinky
- Předplacené technické dotazy většího rozsahu
- Roční setkání a prezentace Roční hodnotící zprávy s výsledky a doporučeními



20

## FRAMATOME ( OBSOLESCENCE PROGRAM )



- Spolehlivost a poruchovost
  - Porovnání reálné poruchovosti s projektovou ( u jednotlivých komponent )
  - Náhodně / trvale zvýšená poruchovost
- Náhradní díly – vyrobiteľnosť
  - Sledování trhu - schopnost vyrobit danou komponentu( kartu )
  - Změny složení součástí pro jednotlivé typy výrobků
  - Počet dotčených karet změnou na trhu
  - Porovnání se skladovými zásobami a formulace doporučení ( predikce : předzásobení – redesign )



21

## HODNOTÍCÍ ZPRÁVY STAVU ZAŘÍZENÍ - HEALTH-REPORTY



<50 %	50 % - 74 %	75 % - 89 %	90 % - 100 %
Zařízení a komponenty mají významné problémy a vyžadují mimořádnou pozornost. Pro zajištění bezpečnosti zařízení či komponenty, očekávané spolehlivosti, předpokládané životnosti je nutné neprodleně přijmout a realizovat opatření, včetně optimalizace PGÚ a řídicí dokumentace.	Zařízení a komponenty mají problémy a potřebují zlepšení fyzického stavu. Pro zajištění očekávané spolehlivosti a předpokládané životnosti je nutné přijmout a realizovat opatření, včetně optimalizace PGÚ a řídicí dokumentace.	Zařízení a komponenty jsou v přijatelném stavu, existuje potenciál ke zlepšení fyzické stavu, příp. prostor pro optimalizaci PGÚ. Očekávaná spolehlivost je plněna, předpokládaná životnost není ohrožena.	Zařízení a komponenty jsou ve velmi dobrém stavu – aktuálně není vyžadována žádná akce. Očekávaná spolehlivost je plněna, předpokládaná životnost není ohrožena.
<b>Trend výkonnosti</b>	↑ Zlepšení	→ Setrvalý stav	↓ Zhoršení

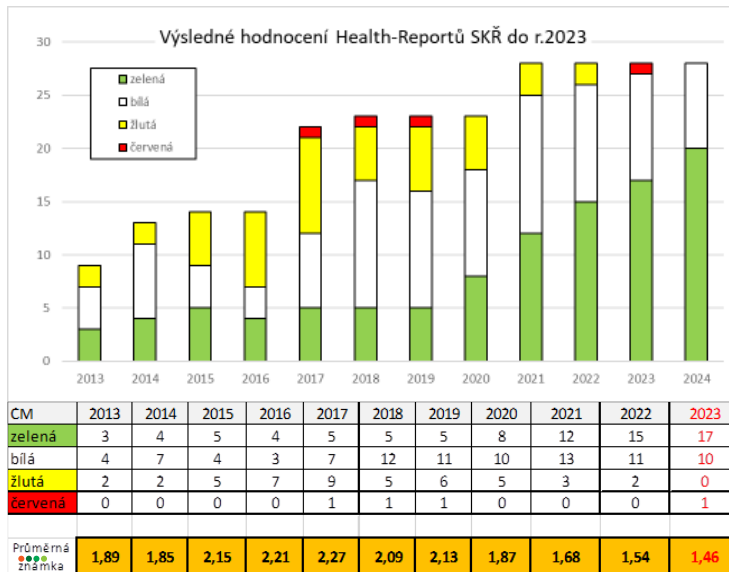
- Systémové i komponentové H -R, 165 zpráv
- roční perioda
- ŽLUTÉ a ČERVENÉ zprávy : povinné stanovení opatření
- RIZIKA – v rámci oddělení / odboru / elektrárny / divize



RSBS

22

## HODNOTÍCÍ ZPRÁVY STAVU ZAŘÍZENÍ - HEALTH-REPORTY



### Komentář :

Od vnějších útvarů poměrně vysoko hodnocená příprava zpráv

- 28 H-R ( + 1x komponentový )
- 4 zlepšení ( PMS, PCS, RSBS, DGM )
- 1 zhoršení ( SP3 )

### Do budoucna :

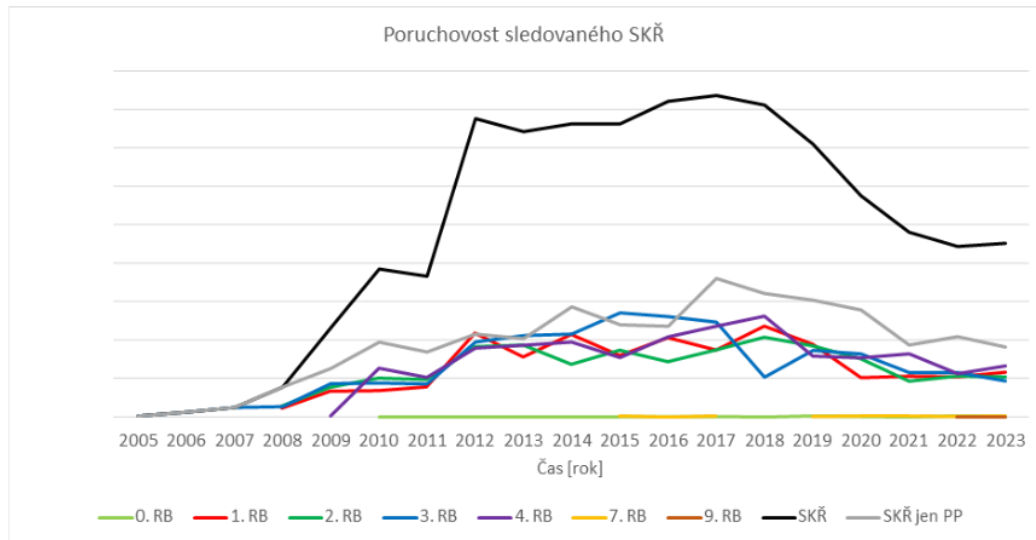
3 systémy s potenciálem ke zlepšení

### Cíl :

Zeleno - bílé složení grafu

23

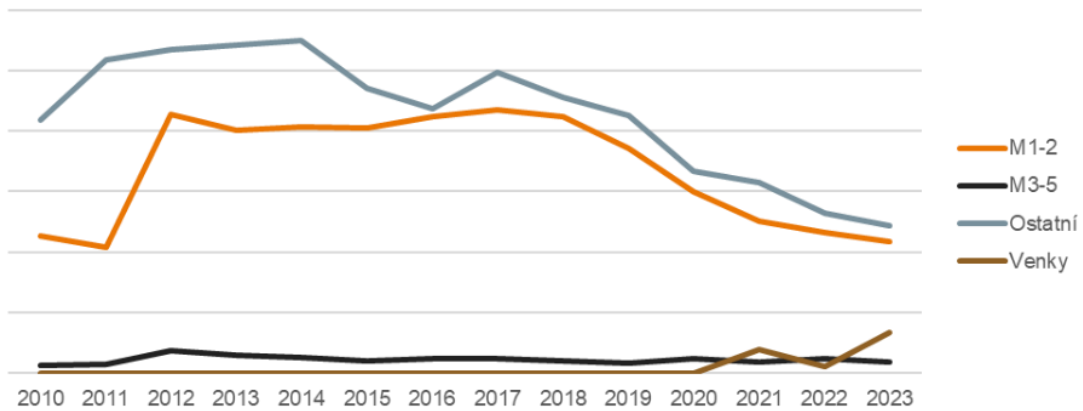
## ROČNÍ ZPRÁVA TUL PRO M12



## ROČNÍ ZPRÁVA TUL PRO M12



### Časový vývoj jednotkové poruchovosti skupin systémů



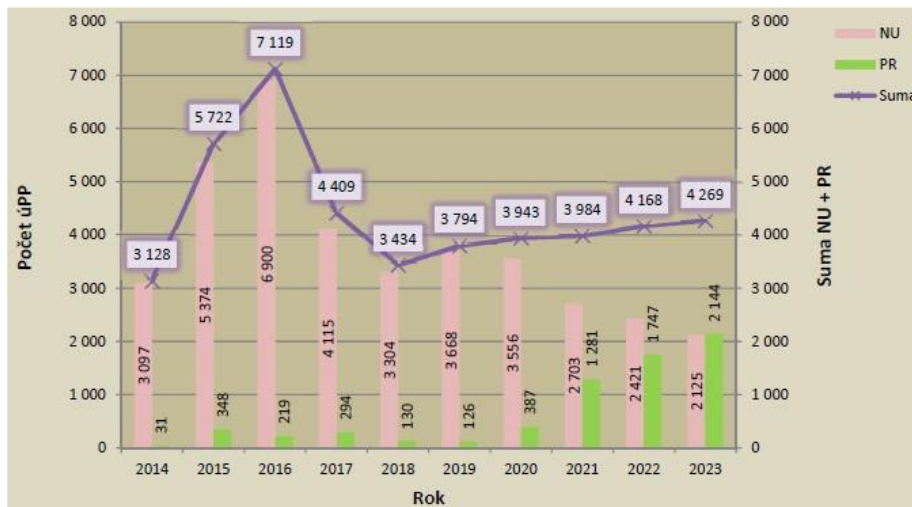
## ROČNÍ ZPRÁVA TUL PRO M1 -2



- Jednotková poruchovost = počet poruch na 1000 komponent



## ROČNÍ ZPRÁVA I&C ENERGO



Porovnání údržby

**NU a PR**  
 v letech  
 2014-2023





## Modernizace zařízení



### POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ MODERNIZACE ZAŘÍZENÍ



- Obnova bezpečnostních systémů 2000 - 2009
- Obnova řídicích systémů 2009 – 2016 / 2015 – 2017
- Obnova systémů radiační kontroly 2012 – 2022 a dále
  
- Výhled do roku 2045 ( 2065 ? )  
( udržovatelnost - stárnutí zařízení – náhradní díly - počítačová technika )



## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ MODERNIZACE



Původní zařízení ( reléová a analogová technika )



## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ MODERNIZ

ACE





## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ MODERNIZACE



32

## POZ – PÉČE O ZAŘÍZENÍ MODERNIZACE



33



Dotazy ?



34



Děkuji za pozornost





## Hodnocení spolehlivosti - výstupy (zpráva pro SÚJB a detailní data)

**Ing. Jaroslav Zajíček, Ph.D.**

Technická univerzita v Liberci

jaroslav.zajicek@tul.cz

FAKULTA MECHATRONIKY,  
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH  
STUDIÍ TUL



## Hodnocení spolehlivosti SKŘ EDU

- data o spolehlivosti a zpráva pro SÚJB
- vliv prodloužení kampaně na systém EPS

Jaroslav Zajíček  
Oddělení spolehlivosti a rizik, Technická univerzita v Liberci



Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Činnosti v rámci spolupráce s ČEZ

- Monitoring provozní spolehlivosti
  - jednotková poruchovost
  - poruchovost typů
  - spolehlivost funkcí
- Kontrola registru zařízení
- Podklady pro Health Reporty
- Znalost o zařízení
  - náhradní díly
  - náhrady
- Závěrečná zpráva pro SÚJB

FAKULTA MECHATRIKOVY,  
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH  
STUDIÍ I&I

2

Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Struktura závěrečných zpráv TUL pro EDU

část A: ZAŘÍZENÍ SKŘ POKRYTÉ MONITORINGEM SPOLEHLIVOSTI

část B: METODOLOGIE MONITORINGU SPOLEHLIVOSTI SKŘ

část C: VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ MONITORINGU SPOLEHLIVOSTI  
SYSTÉMŮ SKŘ M1-2 ZA ROK 20xx

část E: VÝSLEDKY MONITORINGU PROVOZNÍ SPOLEHLIVOSTI DALŠÍCH  
ZAŘAZENÝCH SYSTÉMŮ SKŘ ZA ROK 20xx

část G: HODNOCENÍ PORUCHOVOSTI VYBRANÝCH SYSTÉMŮ SKŘ EDU ZA  
ROK 20xx

FAKULTA MECHATRIKOVY,  
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH  
STUDIÍ I&I

3

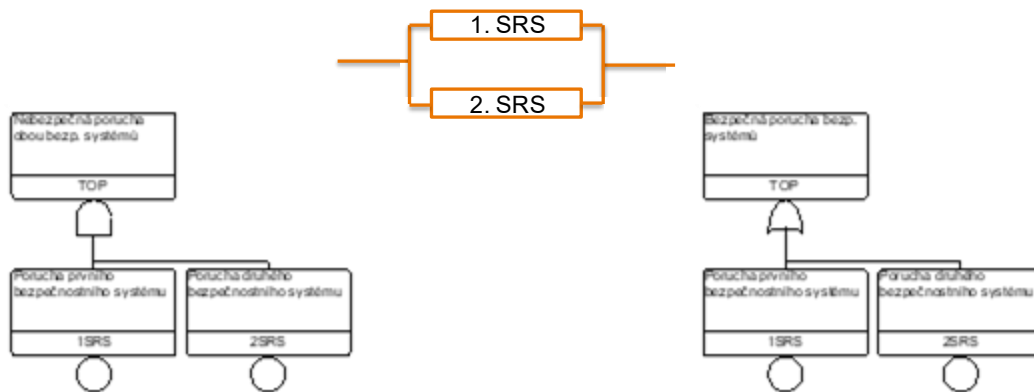
Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Výpočet spolehlivostních ukazatelů

- Bodové / intervalové odhady
  - střední hodnoty
  - jedno a oboustranné intervaly
  - porovnání s projektovými hodnotami
  - zařízení bez poruch
- Modely bezpečnostních funkcí
  - Využita metoda FTA – Strom poruchových stavů
  - Nebezpečná porucha – nepohotovost
  - Bezpečná porucha – frekvence
  - Kritičnost komponent, Minimální kritické řezy

Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Analýza stromu poruchových stavů



Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Rozsah hodnocení - systémy

**Zpráva C – systémy M1-2**

- DIS (Digital Instrumentation System)
- DRPS (Digital Reactor Protection System)
- ELS (Electrical Load Sequencer)
- IDMS (Interface and Data Management System)
- INCORE (INCORE Measurement System)
- MO (pouze část) (Měřicí obvody)
- PAMS (Post-Accident Monitoring System)
- PCS (Process Computer System)
- RCS (Reactor Control System)
- RRCS (Reactor Rod Control System)
- SAS-N (Support Action System)
- SGPS (Steam Generator Protection System)

**Zpráva E – systémy M3-5 + další**

- ASŘ
- DIAG
- EPS
- CHM
- ISÚCHV
- MO (všechny ve vazbě na systémy zprávy C+E)
- ŘSBB
- ŘSBN
- ŘSBP
- ŘSBS
- ŘSBT
- ŘSCHÚV
- ŘSSCHN
- ŘSVTKS1
- ŘSVTZ

Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Vstupní data – registr zařízení

**Pravidelná činnost**

- identifikace změn v registru systémů a následná aktualizace registru TUL pro hodnocení spolehlivosti
- důležité pro výpočet kumulativní provozní doby
- příklad změn pro typy VZ2xx v posledních 3 letech:

Rok	Systém	Výrobní typ	RB0	RB1	RB2	RB3	RB4	RB7	RB9
2021	INCORE	VZ210		53	18	38	38		
2022	INCORE	VZ210		76	56	38	68		
2023	INCORE	VZ210		76	56	80	68		
2021	INCORE	VZ722		95	130	111	110		
2022	INCORE	VZ722		72	92	111	80		
2023	INCORE	VZ722		72	92	69	80		

Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Kategorizace poruch - číselníky

**Univerzální číselník zatím nevyřešeno:**

- TUL a EDU má odlišné číselníky
- TUL číselník se vyvíjel historicky s novými požadavky v hodnocení, některé kategorie jsou problematické (nejednoznačnost přiřazení)
- EDU číselník je sestaven s důrazem na identifikaci příčiny poruchy s ohledem na typ zařízení
- TUL číselník není jednoznačně převoditelný do číselníku EDU (ani naopak)
- od roku 2005 bylo identifikováno více než 26 000 poruch; z pohledu statistického hodnocení by při změně číselníku bylo nutné revidovat všechny historické záznamy o poruchách
- TUL číselník odděluje 2 hlavní kategorie poruch, které se následně promítají do výpočtu ukazatelů MTBF
  - Porucha RZ (registr zařízení)– porucha zařízení, které má jednoznačně přiřazen výrobní typ; porucha vyžaduje OPRAVU nebo VÝMĚNU zařízení (dopad na sklad ND)
  - Ostatní kategorie- zařízení vyžaduje seřízení, reset, dotažení příruby, vyčištění,..., nebo příčina jeho NEFUNKCE je vně zařízení– například impulsní potrubí, napájení,...

Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Vstupní data – projektové hodnoty MTBF

- při obnově byly některé projektové hodnoty MTBF získány od dodavatele
- další hodnoty je možné získat z volně dostupných katalogových listů
- obecné typové hodnoty lze získat z katalogů spolehlivosti
- expertní odhad
- nové instalace na EDU- v ideálním případě by mělo být dodání projektových MTBF součástí kontraktu
- znalost projektové hodnoty MTBF je stěžejní pro údržbu a plánování ND, a to především v počáteční fázi provozování, kdy ještě není k dispozici dostatek reálných dat o poruchách

Výrobní typ	MTBF projekt [h]
BA0011E1	7,14E+04
BB0008W1	3,33E+08
BB0031W1	2,84E+08
BC0010E1	1,76E+05
BC0021M2	4,93E+04
BC0022B1	1,24E+04
BC0023B1	7,71E+03
BC0025P2	3,60E+05
BC0027A1	8,01E+04
BC0035W1	7,59E+04
LTN	7,14E+06
QUINT-PS/1AC/24DC/20	9,09E+05
QUINT-PS/1AC/48DC/10	9,09E+05
RC0001R1	2,13E+07
UB0015V1	8,29E+04

### Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## MTBF ( Mean Time Between Failures – Střední doba mezi poruchami )

### Od roku 2022 vyčíslujeme 2 různé MTBF

- $MTBF_{\text{porucha}}$  – počítá se z kategorie Porucha RZ
- $MTBF_{\text{nefunkce}}$  – počítá se ze všech kategorií poruch (včetně Porucha RZ) u kterých je možné stanovit výrobní typ zařízení
- $MTBF_{\text{nefunkce}}$  – v nelepším případě je stejná jako  $MTBF_{\text{porucha}}$ , ale může být výrazně horší (závisí na poměru kategorií poruch)

Výrobní typ	Počet zařízení	Tvrdých poruch	Ostatní nefunkce
1152 DP	420	39	592
16.EANA ISO FI	96	8	1

### Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## K čemu je dobré počítat 2 různé MTBF?

- $MTBF_{\text{porucha}}$  – ověřuje hardwarovou spolehlivost zařízení, vhodné pro srovnání s predikcí výrobce (projektovou MTBF)
- $MTBF_{\text{nefunkce}}$  – je vhodnější pro výpočet spolehlivosti bezpečnostních funkcí – pro realizaci bezpečnostní funkce musí být funkční kromě daného zařízení i veškeré související části technologie



Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

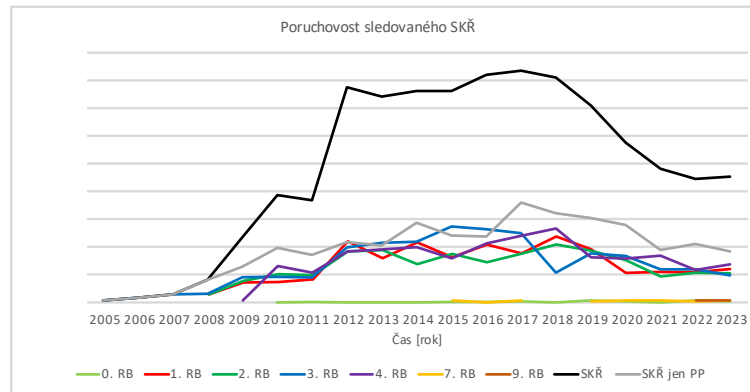
## Vybrané výsledky - poruchovost

Systém	Počet zařízení
DIS	1913
DRPS	1884
ELS	612
IDMS	763
INCORE	2335
MO	14665
PAMS	1746
PCS	12392
RCS	306
RRCS	3446
SAS-N	447
SGPS	1022

Ve sledování více než 40 000 ks zařízení

FAKULTA MECHATRONIKY,  
 INFORMATIKY A MEZIOBORŮVÝCH  
 STUDIJ IJL

Data ze zprávy C, tzn. systémy M2



12

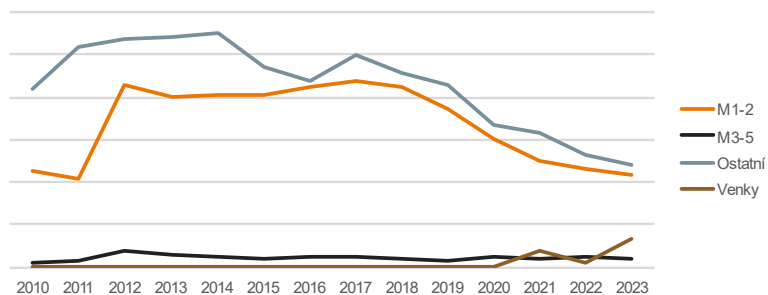
Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Vybrané výsledky – jednotková poruchovost

Jedná se o počet poruch v daném roce na 1 000 ks zařízení.

V předchozích letech byly hodnoty vztaheny na 1 ks zařízení – změna z důvodu nepřehlednosti (velký počet desetinných míst)

Časový vývoj jednotkové poruchovosti skupin systémů



FAKULTA MECHATRONIKY,  
 INFORMATIKY A MEZIOBORŮVÝCH  
 STUDIJ IJL

13

### Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Vybrané výsledky - přehled za systém a za SKŘ jako celek

- Celkové poruchovosti v letech – podle bloků, oddělení úPP a PDS
- Registr zařízení v posledním roce hodnocení
- Poruchovosti k výrobním typům a dalším kategoriím – tvrdé poruchy, ostatní nefunkce, ...
- **Ukazatele** – hodnoty MTBF, kvantily, porovnání s projektovými hodnotami, trendy ukazatelů v čase



RRCS



SKŘ vlož

### Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Vazba na náhradní díly

- aplikace Petra Šimo
- relace Výrobní typ ISE – Skladová položka
- v plánu je realizovat pro TUL pravidelný export skladu a zapracovat výpočty týkající se ND do pravidelných zpráv
- problém může být seskupování výrobních typů, které je naopak vhodné pro výpočet ukazatelů spolehlivosti

Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## ND – kolik, na jak dlouho a s jakou pravděpodobností?

Typ	Doba provozování	MTBF [h]	Počet zařízení	Pravděpodobnos	Počet dílů
DV651	10	8,6E+05	64	0,9	9,8
	20				17,6
DV654	10	4,0E+05	312	0,9	78,9
	20				151,6

Počet ND při konkrétním požadavku na dobu provozování

Typ	Počet dílů	MTBF [h]	Počet zařízení	Pravděpodobnos	Doba provozování [rok]
DV651	48	8,6E+05	64	0,9	61,4
				0,99	52,8
DV654	57	4,0E+05	312	0,9	7,0
				0,99	6,1

Doba zajištění provozu při stávajícím počtu ND

jsou takto přísné požadavky oprávněné?

Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Pravděpodobnost pro výpočet ND



- příklad: potřebuji 50 (ve skutečnosti je jich mnohem více) různých výrobních typů k zajištění funkce SKŘ
- pokud budu mít náhradní díly pro každý výrobní typ k dispozici s pravděpodobností:
  - **99 %** - budu mít ND pro SKŘ jako celek v daném období s pravděpodobností  $0,99^{50} = 0,6$
  - **99,9 %** - budu mít ND pro SKŘ jako celek v daném období s pravděpodobností  $0,999^{50} = 0,95$

Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

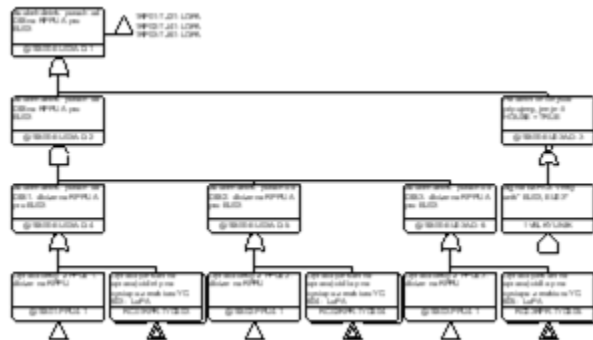
## Bezpečnostní funkce - výsledky



Monitoring provozní spolehlivosti SKŘ

## Bezpečnostní funkce – problémy k řešení

- výrobní typy v modelech nejsou v některých případech v relaci s výrobními typy ISE
- někde je základní událost uvedena porucha skříně, nikoliv konkrétního zařízení
- chybí vazba na projektové pozice– není možné aktualizovat výpočet při náhradách / obnově zařízení EDU
- projektové hodnoty vycházející z požadavku na funkci nejsou k dispozici, pracujeme pouze projektovými hodnotami jednotlivých zařízení (výrobních typů)



Analýza spolehlivosti systému EPS vzhledem k délce kampaně

## Vliv prodloužení kampaně na spolehlivost systému EPS

**Úloha:** Kvantifikovat vliv na spolehlivost EPS při prodloužení kampaně z 12 na 18 měsíců a najít opatření, která zajistí nezhoršení původních spolehlivostních parametrů

### Kroky řešení:

- Definovat funkce systému
- Identifikovat prvky podílející se na funkcích systému
- Stanovit kvantitativní ukazatele prvků
- Sestavit logické diagramy pomocí Analýzy stromu poruchových stavů (FTA)
- Vypočítat hodnoty pohotovosti systému pro kampaně v délkách 12 a 18 měsíců (testovací interval 20 měsíců)
- Identifikovat kritické prvky systému
- Najít organizační a technická opatření pro zajištění původních hodnot pohotovosti systému

Analýza spolehlivosti systému EPS vzhledem k délce kampaně

## Funkce systému

- Automaticky detekovat vznik požáru v místnosti (kouř, plameny, nárůst teploty)
- Varovat personál, který by se mohl vyskytovat v daném prostoru (síréný, majáky)
- Zkontrolovat / zajistit uzavření prostoru pomocí snímačů dveří a klapky vzduchotechniky
- Aktivovat Aerosolové a Plynové stabilní hasicí zařízení
- Poskytovat operátorovi vizuální informaci o stavu systému a místnosti (pomocí nadstavbového systému EPS) a umožnit aktivovat hašení manuálně (záložní scénář při selhání automatické detekce požáru nebo poruše snímačů uzavření dveří)
- Autodiagnostikovat stav prvků systému a poskytovat tuto informaci na Blokovou dozoru (BD) a hasičský záchranný sbor podniku (HZSp)

## Varovat personál a aktivovat koncové prvky AHZ / KD200 v dané místnosti na základě detekce nežádoucí události pomocí detektorů

Analýza spolehlivosti systému EPS vzhledem k délce kampaně

## Parametry komponent

Základem jsou projektové a provozní MTBF, dále pak parametry viz tabulka – detekovatelnost poruch, možnost testování stavu za provozu bloku, střední doba opravy, původní testovací interval.

Výrobní typ	Počet DET poruch	Počet UNDET poruch	Diagnostikovatelnost DC [%]	Možnost kontroly za provozu	MRT [h]	Testovací Interval [h]
8010	0	0	90 %	N	8	8760
802374	13	0	90 %	N	48	8760
804900	0	0	90 %	N	48	8760
804902	-	-	90 %	N	48	8760
808615	0	0	90 %	A	8	8760
808623	0	0	90 %	A	8	8760
808610.10	2	0	90 %	A	8	8760
FF5-21-DC03 (ISE: 1531533)	6	0	0 %	N	48	8760
FX18	9	0	90 %	N	8	8760
GLCB 01 A2B (ISE: 1531533)	6	0	0 %	N	48	8760
X3301	21	0	90 %	A	48	8760
Zdroj	-	-	100 %	A	8	-
Kamera	-	-	100 %	A	8	-
CWSSRR-S5	-	-	33 %	N	48	8760
CWSSWA-S7	-	-	33 %	N	48	8760
AGS-8/3	-	-	0 %	N	48	43800
Ventil	-	-	0 %	N	48	8760
PPK	-	-	0 %	N	48	8760
9P-NET	1	0	100 %	A	8	-

FAKULTA MECHATRONIKY,  
 INFORMATIKY A MEZIOBORNÝCH  
 STUDIJ IUL

Analýza spolehlivosti systému EPS vzhledem k délce kampaně

## Výsledky – identifikace kritických komponent

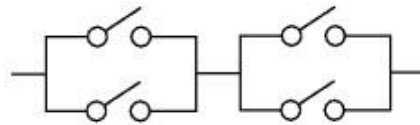
ID	Důležitost MKŘ	MKŘ
1	38,25	MECH_SPINAC_1_NEDET
2	38,25	MAG_SPINAC_NEDET_1
3	7,44	SIRENA_1_NEDET
4	4,69	NADRAZ_USTR_NEDET_1
5	4,69	NADRAZ_USTR_NEDET_2
6	3,72	MAJAK_1_NEDET
7	2,34	USTREDNA_ERZ_1_NEDET
8	1,91	KOPPLER_KOM_NEDET_1
9	1,17	KOPPLER_VYST_NEDET_1

FAKULTA MECHATRONIKY,  
 INFORMATIKY A MEZIOBORNÝCH  
 STUDIJ IUL

Analýza spolehlivosti systému EPS vzhledem k délce kampaně

## Navržená opatření pro prodlouženou 18 měsíční kampaň

- Technické opatření – trvalé
  - náhrada spínačů za sérioparalelní zapojení 4 ks spínačů (odolnost vůči jedné poruše pro funkci sepnutí i rozepnutí)



- Organizační opatření – dočasné
  - dodatečné testování Dveřních spínačů, Sirén, Majáků a případně Komunikačníchkoplerův půlce kampaně

**Při realizaci opatření je splněn požadavek na zachování (nezhoršení)  
původních parametrů spolehlivosti**

FAKULTA MECHATRONIKY,  
INFORMATIKY A MEZIODBOROVÝCH  
STUDIÍ TUL

24

FAKULTA MECHATRONIKY,  
INFORMATIKY A MEZIODBOROVÝCH  
STUDIÍ TUL



# Děkuji za pozornost

Jaroslav Zajíček  
Oddělení spolehlivosti a rizik, Technická univerzita v Liberci



## Vizualizace zpracovaných dat hodnocení spolehlivosti

**Ing. Petr Šimo**  
ČEZ-EDU  
petr.simo@cez.cz



Interní / Internal

## Vizualizace zpracovaných dat hodnocení spolehlivosti

Petr Šimo, systémový inženýr  
6/2024

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



## Zpracování dat spolehlivosti SKŘ



- Pro zpracování a uložení dat hodnocení spolehlivosti byl zvolen databázový systém MS ACCESS
  - Komplexní nástroj pro uchování a zpracování velkého množství dat
  - Uživatelské prostředí pro práci (filtry, třídění, podpora SQL)
  - Víceuživatelský přístup k datům, přístup externího dodavatele
  - Nepožaduje žádné další technické ani finanční zdroje
- Export dat z interních systémů pro řízení prací na zařízeních  
data ve formátu MS ACCESS předávána zpracovateli hodnocení
- Zpracování dat dodavatelem  
kombinace automatizovaného a ručního vyhodnocení informací z údržby zařízení
- Návrat zpracovaných dat  
po vyhodnocení a zpracování návrat dat vypovídajících o spolehlivosti systémů, zařízení, výrobních typů

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

2

## Vizualizace dat spolehlivosti výrobních typů SKŘ



- Web rozhraní na platformě SharePoint s využitím JavaScript
  - Uživatelsky přívětivé a obecně známé prostředí webové aplikace
  - Vytvoření vlastního jednoduchého rozhraní pro zobrazení dat
  - Data pro web aplikaci exportována do formátu JSON, data pouze ke čtení
  - Nepožaduje žádné další technické ani finanční zdroje
- 1 Pohled na data výrobních typů  
tabulkové zobrazení instalace a příslušnost k systému, plnění MTBF
- 1 Přehled sloučení výrobních typů  
tabulkové zobrazení sloučení výrobních typů pro účely statistického zpracování
- 1 MTBF, poruchovost, instalace výrobních typů v čase  
grafické zobrazení aktuálních a historických dat, vývoj v čase

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

3



## Shrnutí přehledových informací o výrobních typech



- Tabulkové přehledy
  - Základní informace o spolehlivosti výrobních typů podle zařazení k systémům
  - Rychlá informace o plnění projektové hodnoty
  - Možnost výběru a řazení seznamu výrobních typů
  - Zobrazení sloučení shodných výrobních typů pro účely statistického zpracování
- Poruchovost a časové průběhy
  - Zobrazení kumulovaných hodnot za celou dobu sledování výrobního typu (MTBF, čas provozu, počet poruch/nefunkcí)
  - Data a ukazatele výrobního typu v letech (instalace, počet poruch/nefunkce, jednotková poruchovost/nefunkčnost)
  - Porovnání poruchovosti a nefunkčnosti
  - Porovnání provozování výrobního typu v konkrétním systému s celou množinou provozovanou v SKŘ
  - Vývoj MTBF a porovnání s projektovou hodnotou
  - Skladové položky pro výrobní typ

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

4



Interní / Internal

Děkuji za pozornost

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



Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1  
Program řízeného stárnutí v JE Dukovany, 10. 9. 2024, Dukovany

**ISBN 978-80-02-03065-2**

**Program řízeného stárnutí v JE Dukovany**

Sborník přednášek

kolektiv autorů

1. vydání

rok vydání 2024, Česká společnost pro jakost

51 stran