

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



## Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A3: Tvorba nových profesně zaměřených studijních  programů

**NPO\_TUL\_MSMT-16598/2022**

Provozní spolehlivost strojů a zařízení

---

Ing. Eva Šírová, Ph.D.



# Spolehlivost

**Lze posuzovat podle:**

- 1) běžných technických parametrů (otáčky, výkon, nosnost, napětí apod.)
- 2) ukazatelů (indikátorů) spolehlivosti (pohotovost, bezporuchovost, udržovatelnost apod.)

**Vlastnosti, hodnocené ukazateli spolehlivosti, patří mezi klíčové znaky kvality produktů.**

Certifikace systému managementu kvality **automaticky nezaručuje** spolehlivost produktu, pokud není se spolehlivostí pracováno cíleně jako s jedním z nejvýznamnějších atributů kvality.

# System managementu pro směřování a řízení organizace s ohledem na spolehlivost

- Doplňuje především systém managementu kvality
- Tvoří vazby k ostatním částem integrovaného systému managementu a podporuje přímo integraci.
- Podporuje komunikaci organizace uvnitř i vně.
- Sleduje životní cyklus produktu.
- Napomáhá stanovení znaků kvality produktu i procesů.
- Iniciuje systematický sběr a zpracování dat v systému
- Nutí provádět analýzu rizik.
- Aktivizuje lidské zdroje a také o ně pečuje v souladu s procesním přístupem.
- Rychle se mění.

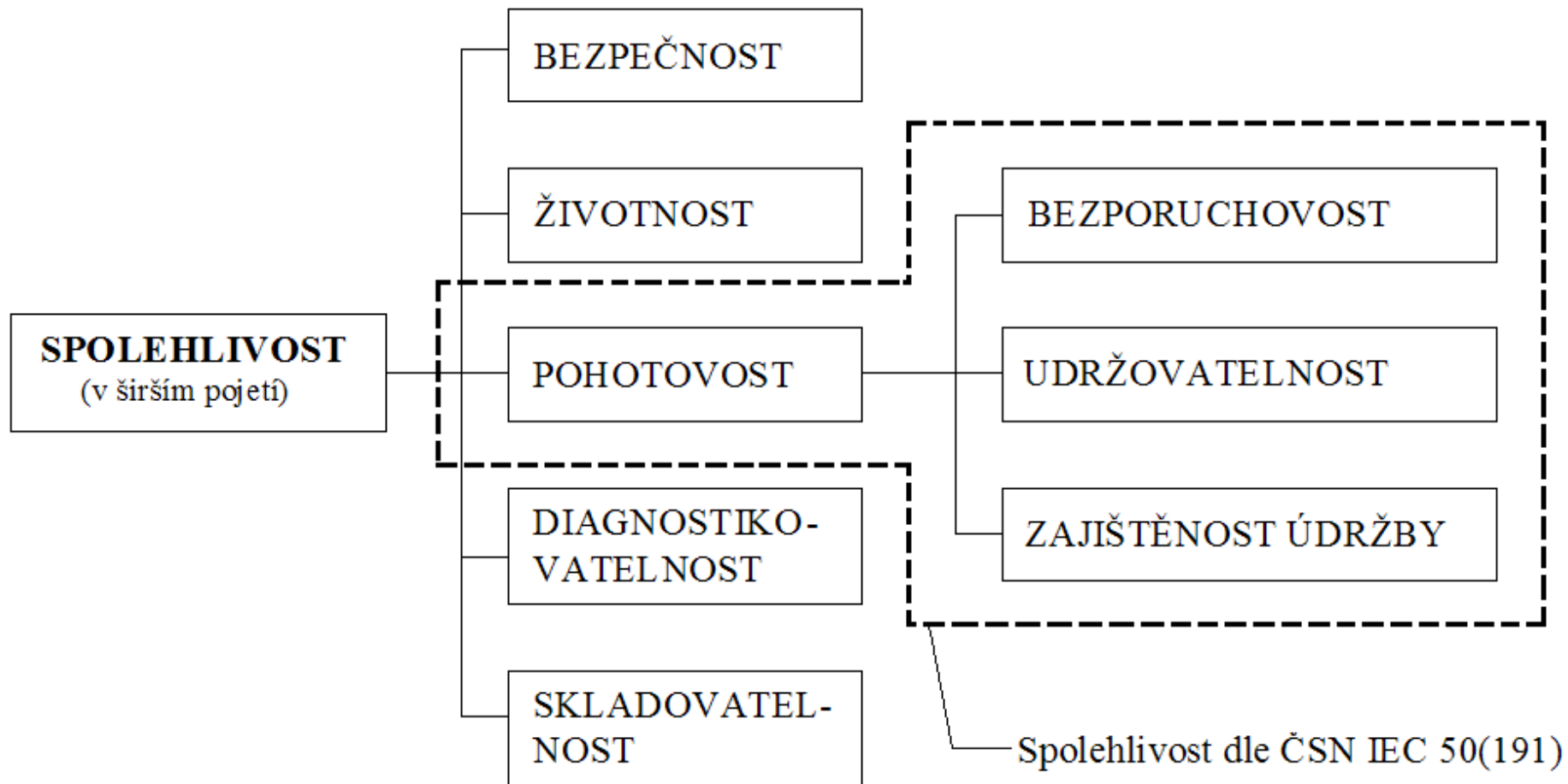
# Definice spolehlivosti dle normy ČSN IEC 60050-692

**Spolehlivost:** Souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují: bezporuchovost, udržitelnost a zajištěnost údržby (používá se pouze pro obecný nekvantitativní popis).

**Spolehlivost služby:** Schopnost poskytnutí služby na požádání uživatele a její zabezpečení po požadovanou dobu ve specifikovaných tolerancích a jiných daných podmínkách.

## Změna terminologie

Spolehlivost je nyní v angličtině označována pojmem **Dependability** a původní pojem **Reliability** je již v normách výhradně používán pouze pro označení bezporuchovosti.



# Význam SPOLEHLIVOSTI

pojem spolehlivost používán pouze **pro obecný popis** a nelze ji kvantifikovat a souhrnně vyjádřit **žádným číselným ukazatelem**

Kvantifikovaně hodnotit pomocí konkrétních ukazatelů spolehlivosti lze **jednotlivé dílčí činitele:**

- pohotovost
- bezporuchovost
- udržovatelnost apod.

Objekt (produkt, služba) může plnit více funkcí.  
**Hodnocení spolehlivosti se vztahuje vždy k plnění požadované funkce**

# Ukazatele spolehlivosti

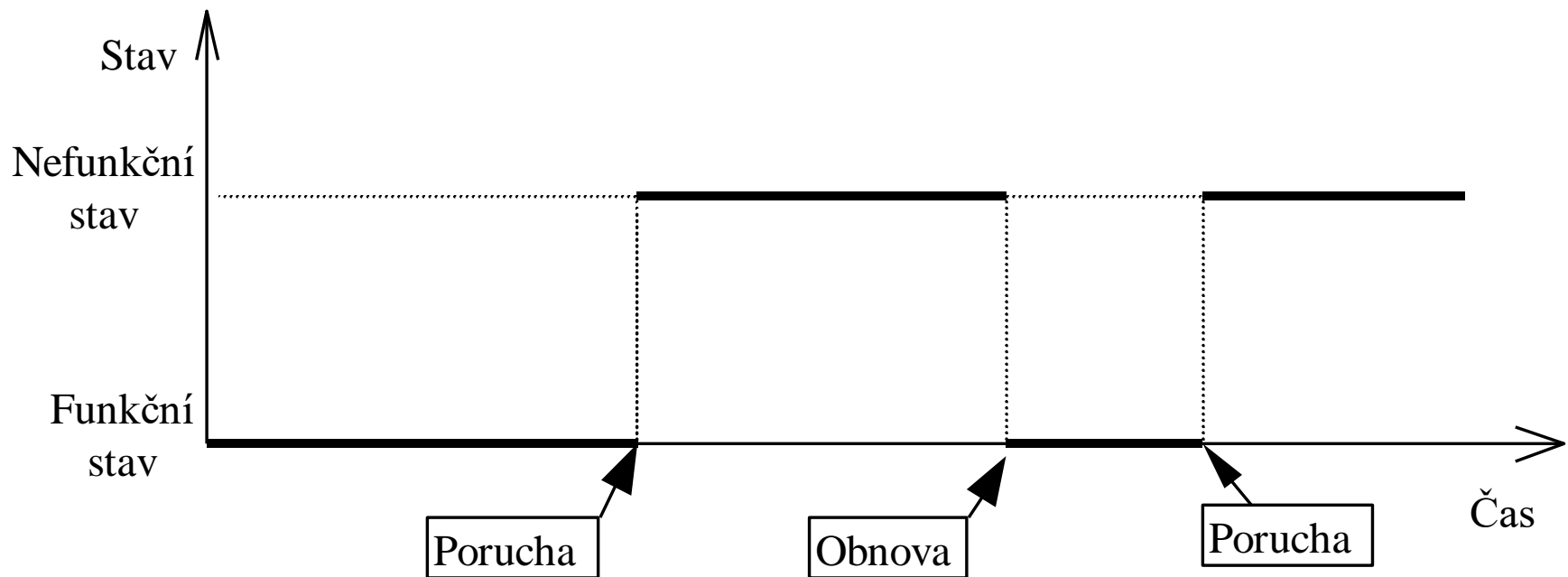
- pohotovost
- bezporuchovost
- udržovatelnost a zajištěnost údržby

Mohou nastat 2 stavy: provozuschopnost nebo porucha

- **stav prostoje** - objekt v době používání není v provozu.
- **porucha** - přechod objektu z provozuschopného stavu do stavu poruchy.
- **obnova** - obnovení schopnosti objektu plnit po poruše **požadované funkce**.

# Prostý proces obnovy

System se může v libovolném okamžiku nacházet v jednom ze dvou stavů a přechody mezi nimi se náhodně střídají.





# Jednoduché shrnutí

- Každý přechod z použitelného stavu zařízení do nepoužitelného je **porucha**
- Každý přechod z nepoužitelného stavu do použitelného je **obnova**
- **Jakýkoliv nepoužitelný stav je poruchový a v důsledku toho je doba nepoužitelného stavu doba do obnovy.**
- **Po každé obnově je objekt tak dobrý, jako nový.**

# Ukazatele spolehlivosti

- funkce okamžité pohotovosti, součinitel střední pohotovosti
- pravděpodobnost bezporuchového provozu, střední intenzita poruch, střední doba do první poruchy,
- pravděpodobnost doby aktivní údržby, střední intenzita opravy, střední doba opravy,

# Ukazatele spolehlivosti

Veličiny sledované ve spolehlivosti úzce souvisí s náhodným výskytem sledovaných jevů. Sledují se tedy veličiny spojené s dobou (časem), proběhem (ujetá vzdálenost, motohodiny).

**Např.** doba provozu

doba provozu do poruchy

doba provozu mezi poruchami

doba údržby

doba opravy apod.

# Důležité pojmy

## Prvek programu spolehlivosti

soubor úkolů programu spolehlivosti,  
náležejících do specifické tématické oblasti

## Úkol programu spolehlivosti

soubor činností, zaměřených na specifická  
hlediska spolehlivosti produktu

## Životní cyklus

časový interval od stanovení koncepce  
produktu po jeho vypořádání (likvidaci)

# Důležité pojmy

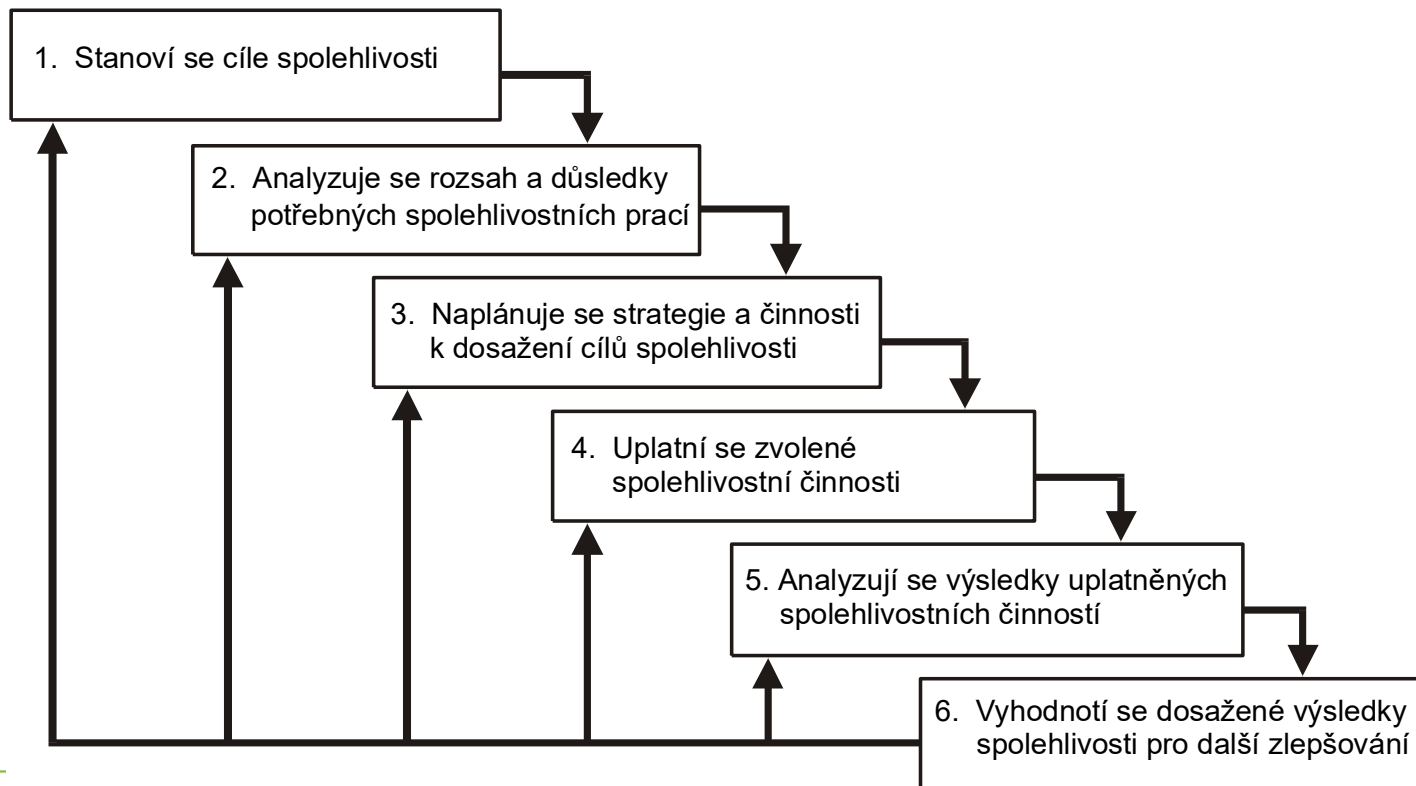
## Plán spolehlivosti

dokumentace, v níž jsou stanoveny praktiky, zdroje a posloupnosti činností, specifické pro spolehlivost, týkající se konkrétního produktu, smlouvy nebo projektu

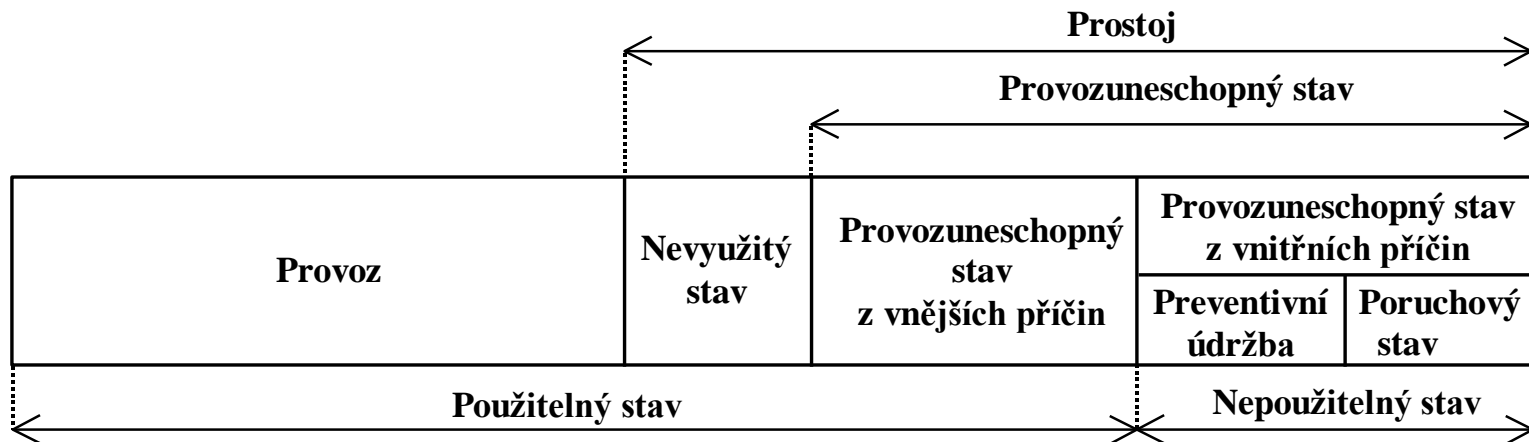
Podnik musí monitorovat skutečné pracovní režimy svých výrobků a **pokud vyrábí opravitelné a opravované výrobky**, musí pro ně připravit **plán údržby a jejího zajištění**.

# Norma ČSN EN 60300-2:2005

základní norma pro vypracování programu spolehlivosti  
- zahrnuje všechny kroky procesu pro management spolehlivosti



# Provozní spolehlivost



- **Provoz** – stav, kdy objekt plní požadovanou funkci.
- **Prostoj** – stav, kdy objekt neplní požadovanou funkci.
- **Nevyužitý stav** – prostoj objektu v použitelném stavu v době nepožadované funkce.
- **Provozu neschopný stav** – stav objektu charakterizovaný jeho neschopností plnit z jakýchkoliv důvodů požadovanou funkci.

# Provozní spolehlivost - pojmy

**Spolehlivost provozní instalací** (uvedením) výrobku do provozu, jeho zasazením **do reálných provozních podmínek**, které lze charakterizovat takto:

**pracovní režim** je zpravidla variabilnější (proměnlivější) ve srovnání s laboratorním; lze předpokládat neočekávaně zvýšená namáhání, ne vždy kvalifikované zacházení, obsluhu apod.,

**údržbářský režim** je rovněž variabilnější ve srovnání s předpisem, ne vždy je dodržován a mnohdy je i měněn, doplňován, redukován apod.,



# Provozní spolehlivost - pojmy

**Porucha** – ukončení schopnosti objektu plnit požadovanou funkci.

**Poruchový stav** – stav objektu charakterizovaný neschopností plnit požadovanou funkci, kromě neschopnosti během preventivní údržby nebo jiných plánovaných činností, nebo způsobený nedostatkem vnějších prostředků

# Provozní spolehlivost

Každá porucha může vzniknout náhodně v čase.

Při větším počtu zařízení lze vypočítat střední dobu do poruchy.

Pomocí střední doby do poruchy lze vypočítat parametry statistického rozdělení.

Statistické rozdělení se používají pro popis doby do poruchy, i pro popis doby do obnovy objektu.

# Údržba a její vliv na spolehlivost

**Provozní spolehlivost** - vztahuje se k pohotovosti, bezporuchovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby **zařízení v běžném provozu.**

## Udržovatelnost

Schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo se vrátit do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a prostředky.

# Údržba a její vliv na spolehlivost

## Zajištěnost údržby

Schopnost organizace poskytující údržbářské služby zajišťovat podle požadavků v daných podmínkách prostředky potřebné pro údržbu podle dané koncepce údržby.

## Doba údržby

Časový interval, během něhož se na objektu provádí údržbářský zásah buď ručně nebo automaticky, včetně zpoždění logistických, technických a u údržby po poruše i administrativních.

# Údržba a její vliv na spolehlivost

Ukazatele spolehlivosti, které charakterizují udržovatelnost a zajištěnost údržby, vycházejí z časových údajů vztahovaných k údržby.

Doba údržby						
Doba preventivní údržby		Doba údržby po poruše				
Logistické zpoždění	Doba aktivní preventivní údržby	Doba aktivní údržby po poruše				Logistické zpoždění
		Technické zpoždění	Doba opravy			
			Doba lokalizace porouchané části	Doba aktivní opravy	Doba kontroly	
Doba aktivní údržby						

# Údržba a její vliv na spolehlivost

## Složky spolehlivosti (pohotovosti) zařízení ovlivnitelné údržbou

- opravitelnost
- Bezporuchovost

## Bezporuchovost

- u neopravovaných zařízení nelze prakticky údržbou ovlivnit
- u opravovaných zařízení (nebo obnovení funkce vykonávané neopravovaným zařízením) lze vhodným typem údržby předcházet poruchám vznikajících opotřebením

# Údržba a její vliv na spolehlivost

- náhlá ztráta funkceschopnosti zařízení způsobená poruchou je převáděna na **řízenou (plánovanou) ztrátu** funkceschopnosti během provádění plánované preventivní údržby (minimalizace nákladů ze ztráty funkceschopnosti zařízení)
- počet zásahů preventivní údržby je vyšší než v případě údržby vyvolané **náhodnou ztrátou funkceschopnosti**, což může být doprovázeno **negativními jevy**:
  - zvýšená poruchovost vlivem vyšší počáteční intenzity poruch preventivně vyměňovaných součástí
  - pravděpodobnost chyb a omylů při údržbě (lidský faktor)

# Vyhodnocování vlivu údržby na spolehlivost

## Opravitelnost

u opravovaných zařízení ovlivnitelná vhodným **modelem údržby** a úrovní organizovanosti údržby.

Minimalizace dob spojených s údržbou:

- logistické zpoždění
- technické zpoždění
- doba preventivní údržby
- doba lokalizace porouchané části
- doba aktivní opravy (po poruše)
- doba kontroly



# Hodnocení nákladů životního cyklu

**Rozhodující ekonomické faktory** při zvažování nákladů na spol.:

pořizovací náklady

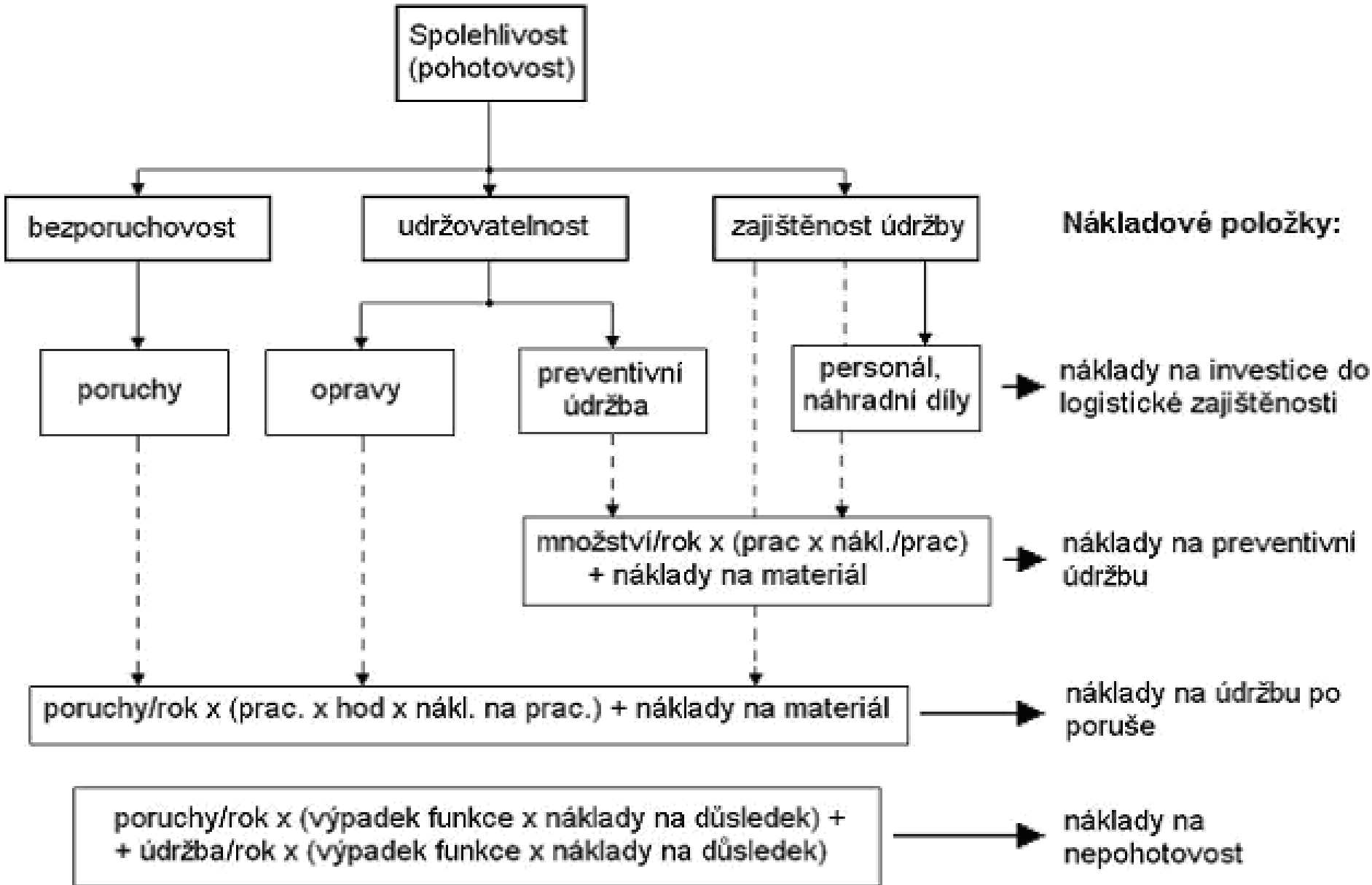
náklady na údržbu

náklady na prostoje

**Náklady na spolehlivost je třeba hodnotit za souhrnně za celou dobu životního cyklu zařízení (LCC)!**

Je nutná podrobná technicko-ekonomická rozvaha uvažující řadu možných položek.

**Náklady spojené s prostoji** - rovněž položky, jako je pokles konkurenceschopnosti, ztráta trhu, výše pojistného v případě prostojů zařízení s vlivem na bezpečnost apod.



# Hodnocení nákladů životního cyklu

## **Náklady na životní cyklus objektu** (z hlediska uživatele)

- náklady spojené s pořízením výrobku (cena výrobku, instalace výrobku, školení obsluhy)
- náklady spojené s vlastnictvím výrobku

## **Pořizovací náklady** - jednorázové a v dalším časovém období využívání výrobku prakticky neovlivnitelné

- nákupní cena výrobku (obsahuje náklady na výzkum, vývoj a výrobu atd.)
- další náklady (například náklady na instalaci výrobku, vyškolení obsluhy, apod.).

# Hodnocení nákladů životního cyklu

**Vlastnické náklady** - závislé na dalších faktorech spojených s využíváním výrobku

- náklady na provoz výrobku (např. materiál a energie spotřebovávané při provozu výrobku), zpravidla **nejsou závislé na úrovni bezporuchovosti výrobku**
- náklady na nápravnou údržbu (náklady spojené s odstraňováním poruch opravou), jsou rozhodujícím způsobem **závislé na úrovni bezporuchovosti výrobku**
- náklady na preventivní údržbu (náklady spojené s prováděním údržby v předem stanovených intervalech nebo podle předepsaných kritérií se zaměřením na snížení pravděpodobnosti výskytu poruchy nebo k zamezení snížení funkční schopnosti výrobku), jsou rozhodujícím způsobem **závislé na úrovni bezporuchovosti výrobku**

# Hodnocení nákladů životního cyklu

- náklady z důvodu nepohotovosti výrobku (finanční ztráty nebo nutnost vynaložit další mimořádné výdaje), jsou rozhodujícím způsobem **závislé na úrovni bezporuchovosti výrobku a udržitelnosti výrobku.**
- další vlastnické náklady (náklady na provedení plánovaných generálních oprav či modernizací, náklady vyplývající z odpovědnosti za škody způsobené výrobkem, náklady na vyřazení a likvidaci výrobku apod.), zpravidla **nejsou úrovní bezporuchovosti zásadně ovlivňovány.**

# Hodnocení nákladů životního cyklu

**Požadavky na spolehlivost** - významně ovlivňují náklady spojené s jednotlivými etapami životního cyklu objektu. Při rozhodování je nutné vycházet z analýzy přínosů a nákladů - CBA (Cost Benefit Analysis).

Nezbytnou podmínkou pro **korektní CBA** je:

- zahrnutí všech nákladů a přínosů hodnoceného projektu,
- uvažování časové hodnoty peněz (NPV – Net Present Value).

# Systemy údržby

- stanovují koncepci a strategii údržby

## Přehled jednotlivých přístupů

- systém údržby po poruše
- systém údržby po prohlídce
- systém standardní preventivní péče
- systém preventivních periodických oprav
- systém postupné výměny skupin
- systém údržby podle skutečného technického stavu
- systém údržby založený na ekonomické optimalizaci
- **systém**, ČSN IEC 300-3-11)

# Co je to RCM

**Metodika pro vypracování a zavedení programu preventivní údržby.**

Podle identifikace chyb jednotlivých částí zařízení se navrhují postupy a použité nástroje na vytvoření vhodného programu preventivní údržby, který se následně neustále analyzuje a zlepšuje.



# Co je to RCM

Metoda **údržby zaměřené na bezporuchovost** (reliability centred maintenance) umožní účinně dosáhnout požadované úrovně bezpečnosti a pohotovosti výrobního zařízení a vede k neustálému zlepšování celkové bezpečnosti, pohotovosti a hospodárnosti provozu.

# Údržba zaměřená na bezporuchovost RCM

Jedná se o **vytvoření harmonogramu** údržbových úkonů, který zohledňuje technické, spolehlivostní a ekonomické parametry technických zařízení s ohledem na:

- optimalizaci údržby,
- řízení rizik,
- snižování nákladů,
- maximalizace zisku, apod.

# Údržba zaměřená na bezporuchovost RCM

Proces RCM je jedním z pilířů řízení rizika a spolehlivosti pro stávající a nová zařízení.

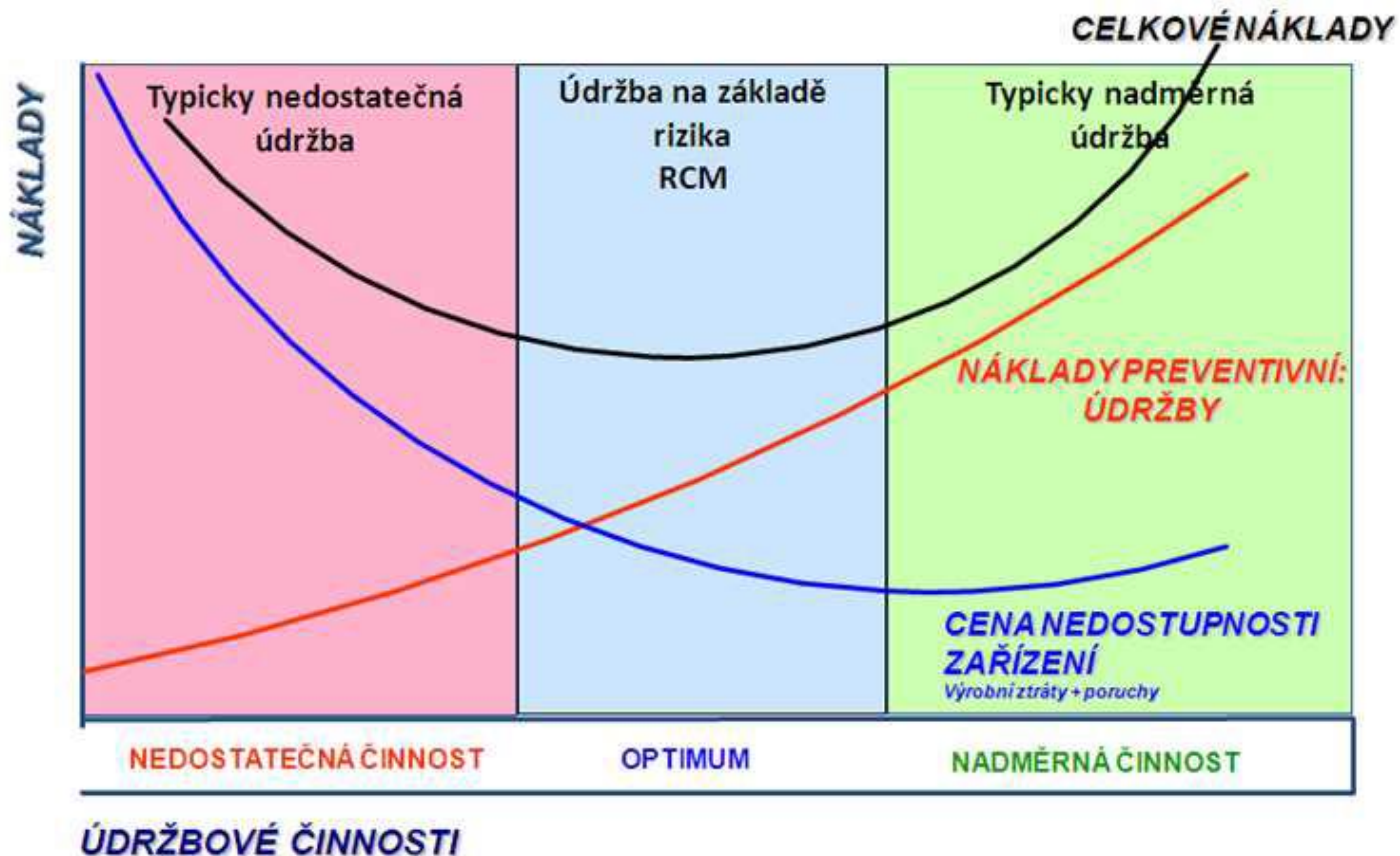
Pochopení projevů poruch a znalost toho, jak můžeme zabránit jejich výskytu nebo zmírnit jejich dopady, vyústí v úsporu peněz díky optimalizaci údržbových činností.

# Příklad RCM

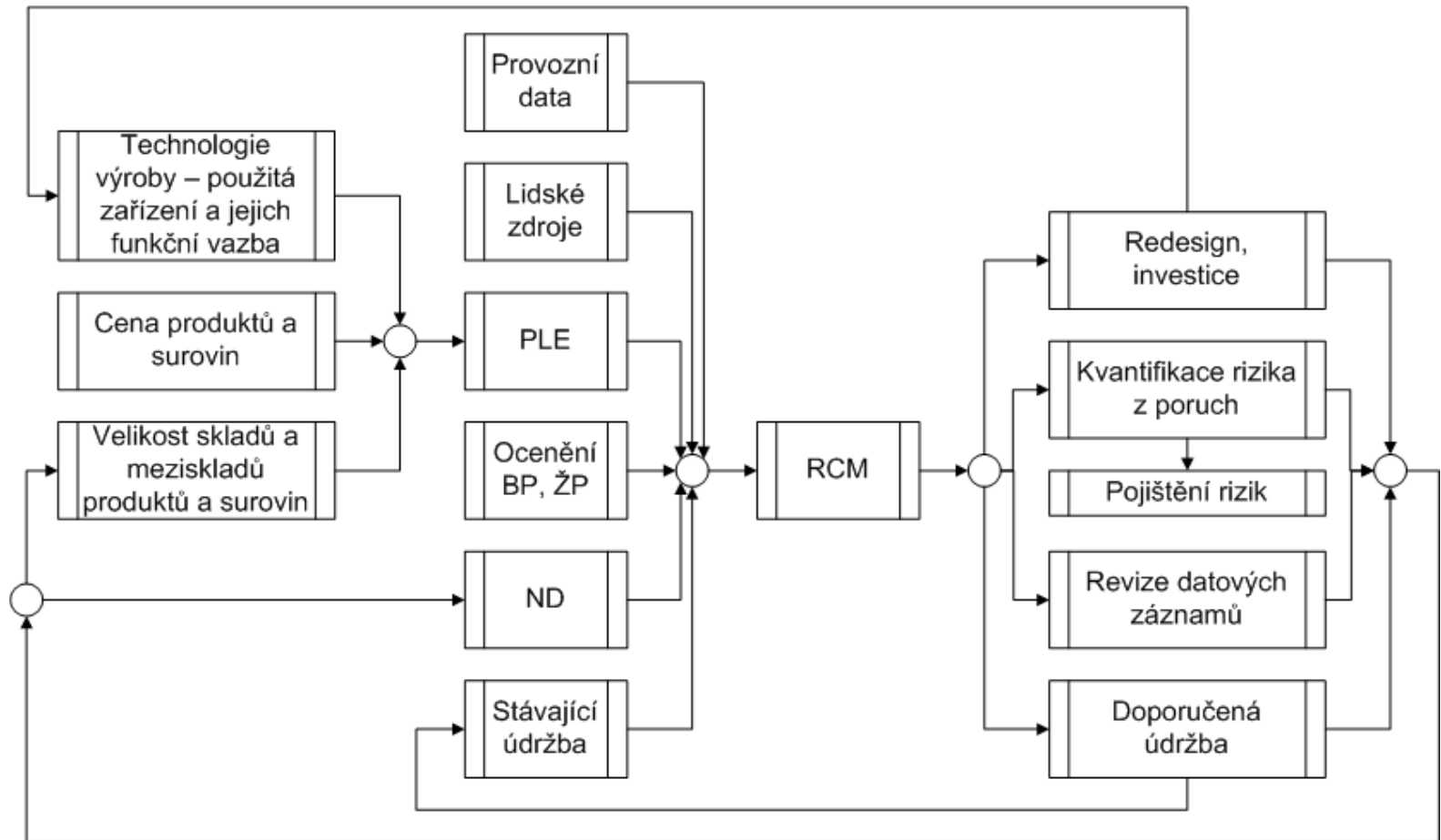
Základní princip hledání minima celkových nákladů je patrný z následujícího grafu.

Rostoucí tendence nákladů poruchy při vysokém stupni údržby značí „přeúdržbování“ zařízení, kdy častými zásahy do zařízení jeho poruchovost zvyšujeme.

# Celkové náklady v závislosti na stupni údržby



# Vstupy a výstupy RCM



# Přínos RCM

Při jejím provádění na plně kvantitativní úrovni je strukturovaně shromážděna celá řada dat o spolehlivosti a ekonomice provozu zařízení, která jsou přímo využitelná i k jiným procesům.

Jedná o porovnávání hodnot nákladů a rizik vztažených na jednotné časové období.

# Princip metody RCM

je popsán následujícími kroky:

1. zahájení a plánování RMC,
2. analýza poruch funkce,
3. volba úkolů,
4. praktická realizace,
5. neustálé zlepšování

**ORGANIZOVANÝ ZDRAVÝ INŽENÝRSKÝ  
ROZUM**



# Zdroje

- ČSN EN 60300-2:2005 Management spolehlivosti - Směrnice pro management spolehlivosti. ČNI, Praha 2005.
- ČSN IEC 60050-692 (330050) Mezinárodní elektrotechnický slovník. ČNI, Praha 2019.
- Legát, V.: Terminologie a management jakosti a spolehlivosti. Přednáška - manažer údržby. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Praha 2005.
- PELANTOVÁ, Věra a Jiří HAVLÍČEK. Integrovaný systém managementu pro výuku. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011 ISBN 978-80-7372-816-8.

Děkuji Vám pozornost!