

Kondice a kontaminace hydraulických kapalin

Webinář *Provoz pracovní kapaliny v hydraulickém systému*

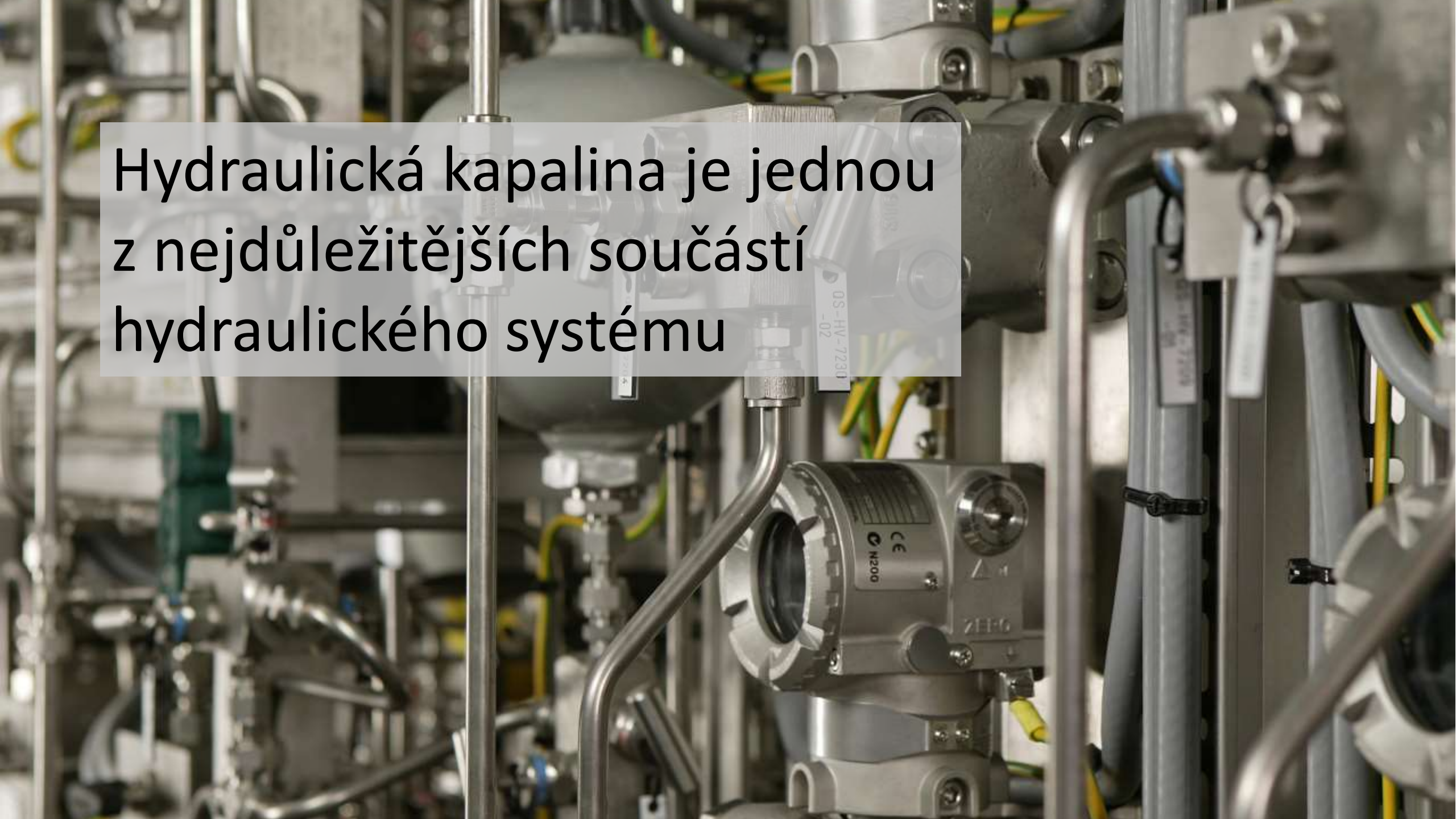
2.6.2021

Ing. Jan Novák, CLS
INTRIBO s.r.o.



Funkce hydraulické kapaliny

- Přenos síly/výkonu
- Mazání (minimalizace tření a opotřebení)
- Chlazení
- Ochrana proti korozi
- Přenos částic



Hydraulická kapalina je jednou
z nejdůležitějších součástí
hydraulického systému

Požadované vlastnosti hydraulických kapalin

- Nestlačitelnost*
- Viskozita
- Viskozitní index
- Hustota
- Bod vzplanutí / nehořlavost
- Bod tuhnutí
- Odlučivost vzduchu
- Pěnivost
- Deemulgační schopnost
- Oxidační stabilita
- AW vlastnosti
- Ochrana proti korozi
- Filtrovatelnost
- Hydrolytická stabilita
- Střihová stabilita
- Kompatibilita s prvky
- Mísitelnost
- Odparnost
- Vodivost / Průraz
- Tepelná vodivost
- Čistota
- Biologická rozložitelnost
- Styk s potravinami
- ...

Požadované vlastnosti z pohledu provozu

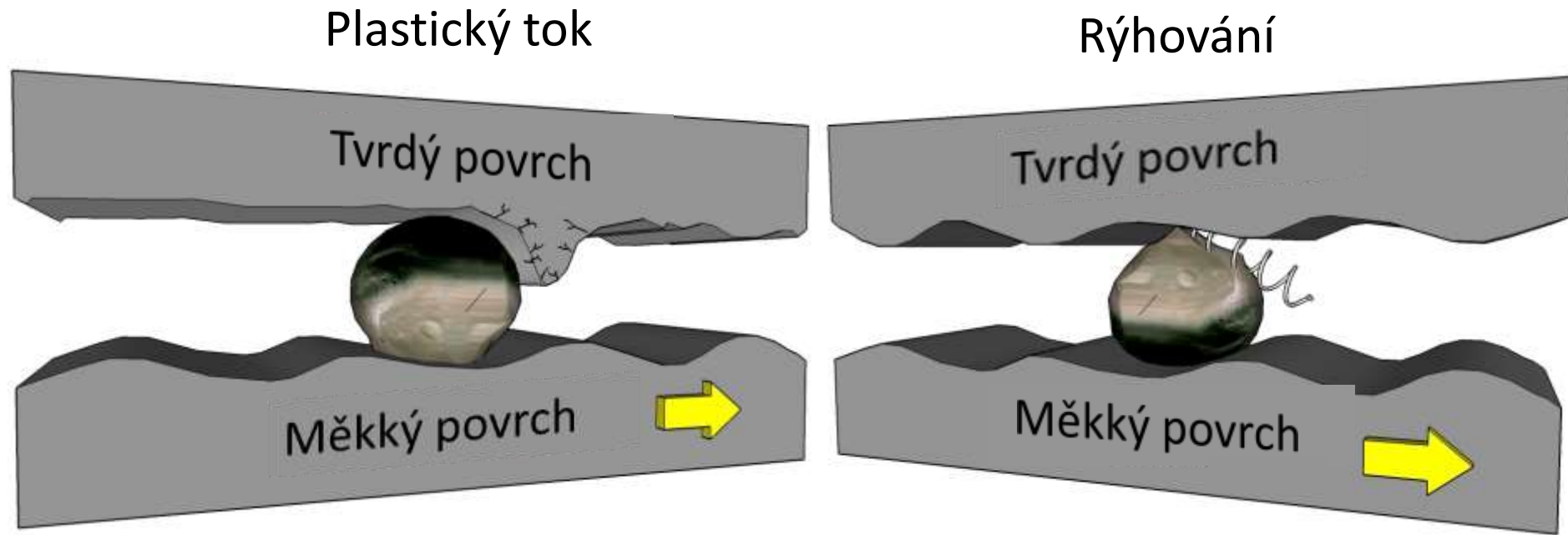
- Ten správný olej/kapalina
- Na správném místě
- Ve správném čase
- Správná teplota
- Bez kontaminace (nečistot a vody)



Znečištění oleje je příčinou většiny poruch
hydraulických systémů (80 % a více)

STLE Handbook of Hydraulic Fluid Technology

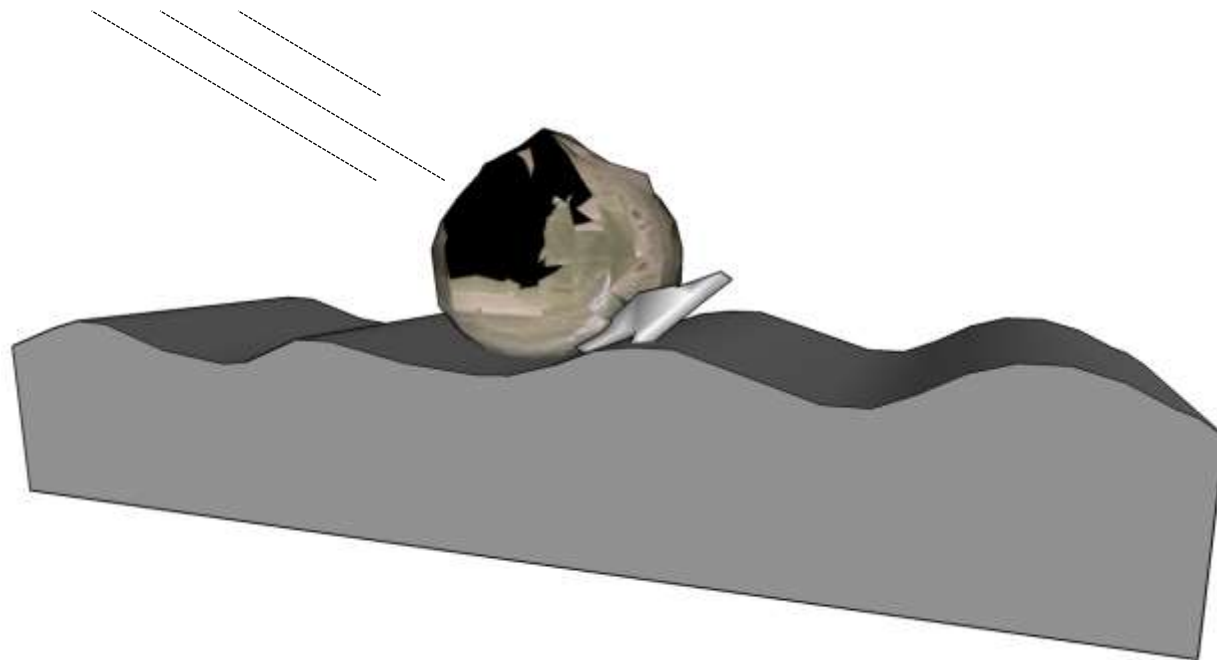
Abrazivní opotřebení s interakcí tří těles



Kde k tomu dochází: K abrazivnímu opotřebení s interakcí tří těles dochází, pokud se v oleji nacházejí částice o velikosti tolerance mezi dvěma kontaktně se pohybujícími povrchy, resp. o velikosti tloušťky mazacího filmu.

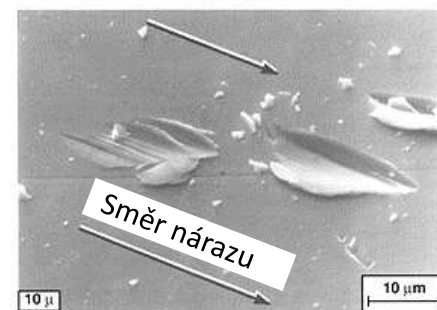
Jak tomu zabránit: Abrazivní opotřebení s interakcí tří těles je možné redukovat nebo eliminovat odstraněním částic o velikosti tolerance mezi povrchy nebo zvětšením tloušťky mazacího filmu nad velikost částic přítomných v oleji.

Erozivní opotřebení

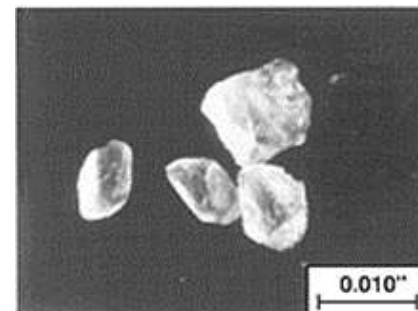


Kde k tomu dochází: Erozivní opotřebení nastává v případech, kdy tvrdé částice naráží na povrch stroje významnou rychlostí (zejména v hydraulice).

Jak tomu zabránit: Eliminovat znečištění.

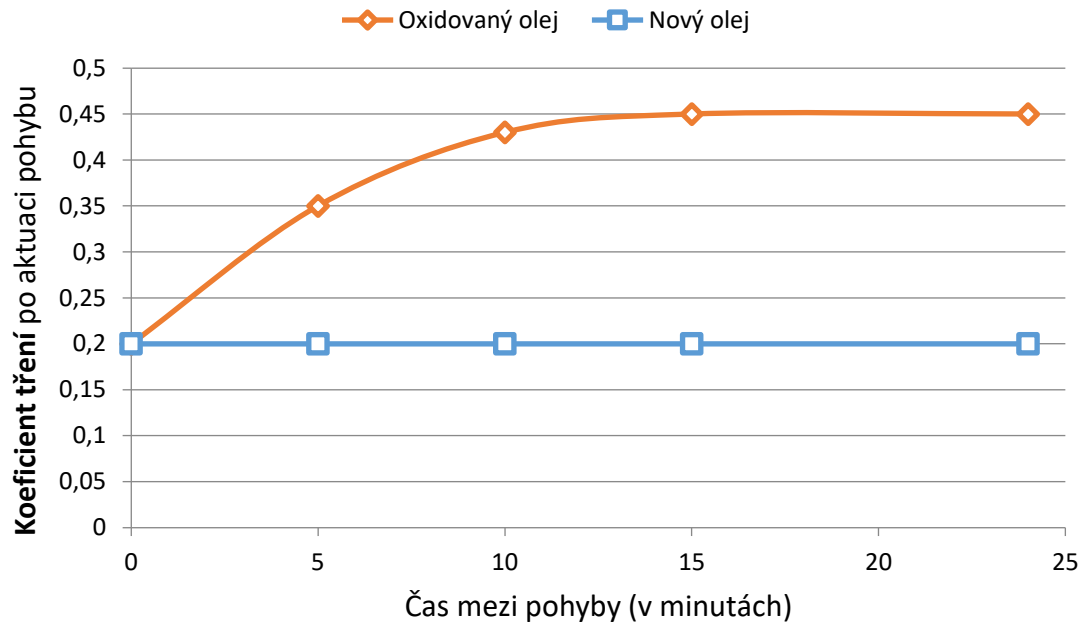


Eroze na povrchu oceli
2000x zvětšeno

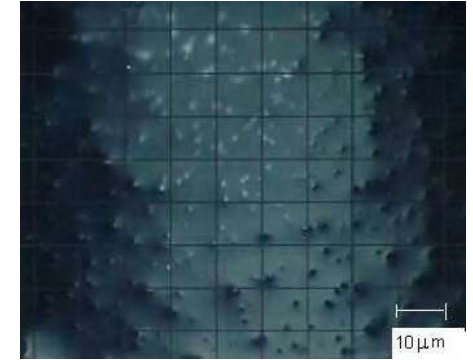


Prachová částice
60x zvětšeno

Vliv oxidace oleje na tření a opotřebení

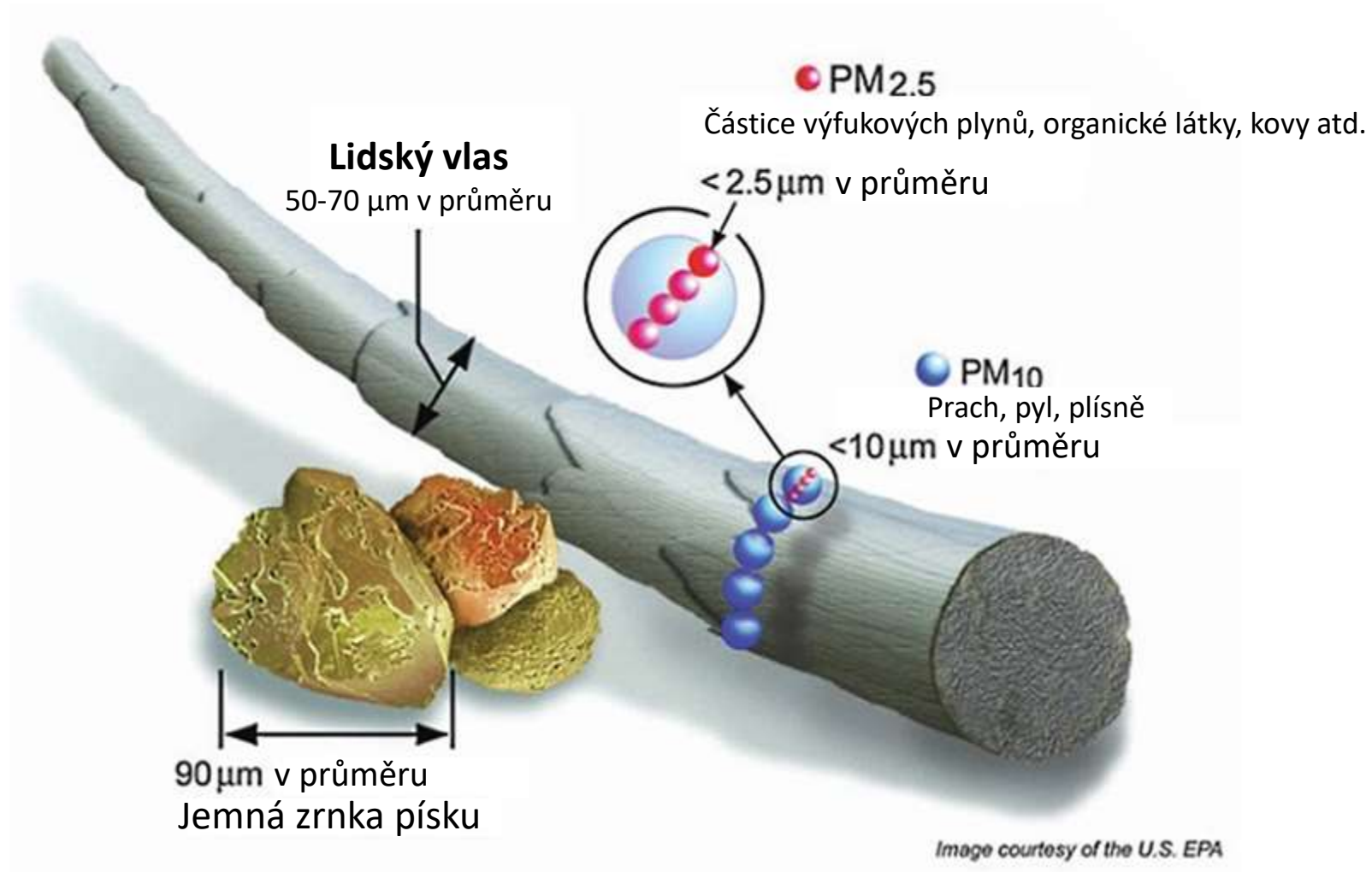


70-95% poruch hydraulických ventilů je spojeno s kontaminací oleje

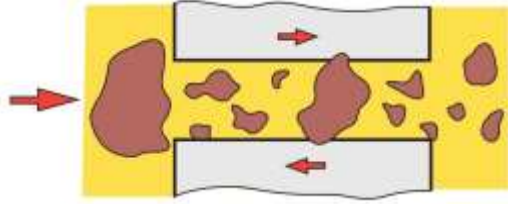


- Produkty oxidace vypadávají z oleje, pokud je olej v klidu a tvoří lepivé úsady.
- Lepivé úsady zachytávají větší tvrdé částice a vytváří se „smirkopapírový“ povrch
- Pokud jsou v oleji produkty degradace, pak síla potřebná k aktivaci ventilu se zvyšuje s časovou prodlevou.
- Přítomnost úsad ve spojení se zvyšujícími se silami může způsobit zablokování ventilů a vyvolání elektrických poruch.

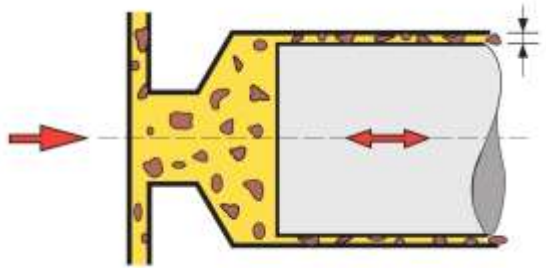
Jak velký je mikron?



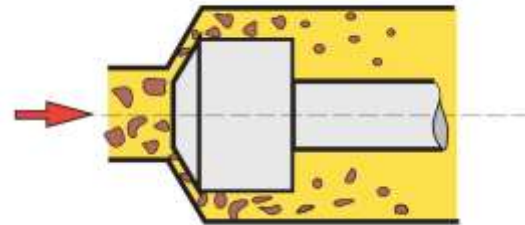
Proč jsou malé částice tak nebezpečné?



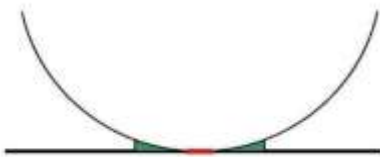
Tloušťka mazacího filmu u ventilů, čerpadel, ložisek, pístů... se obvykle pohybuje od 0,5 do cca 6 μm



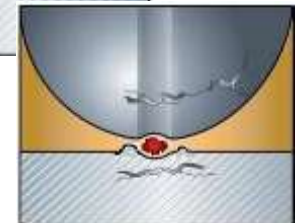
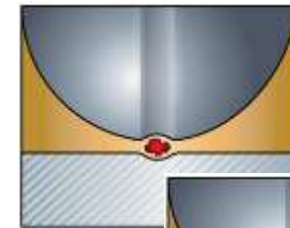
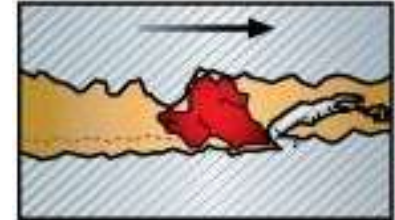
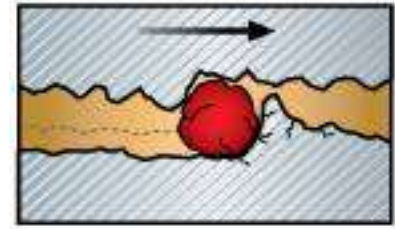
Částice větších rozměrů do malé mezery mezi pohybujícími částmi nevejde. Proto velké částice nejsou tak problematické, navíc je lze snadno odfiltrovat nebo klesnou na dno olejové nádrže.



Částice o stejné velikosti jako je tloušťka mazacího filmu nebo menší, způsobují nejvíce opotřebení.

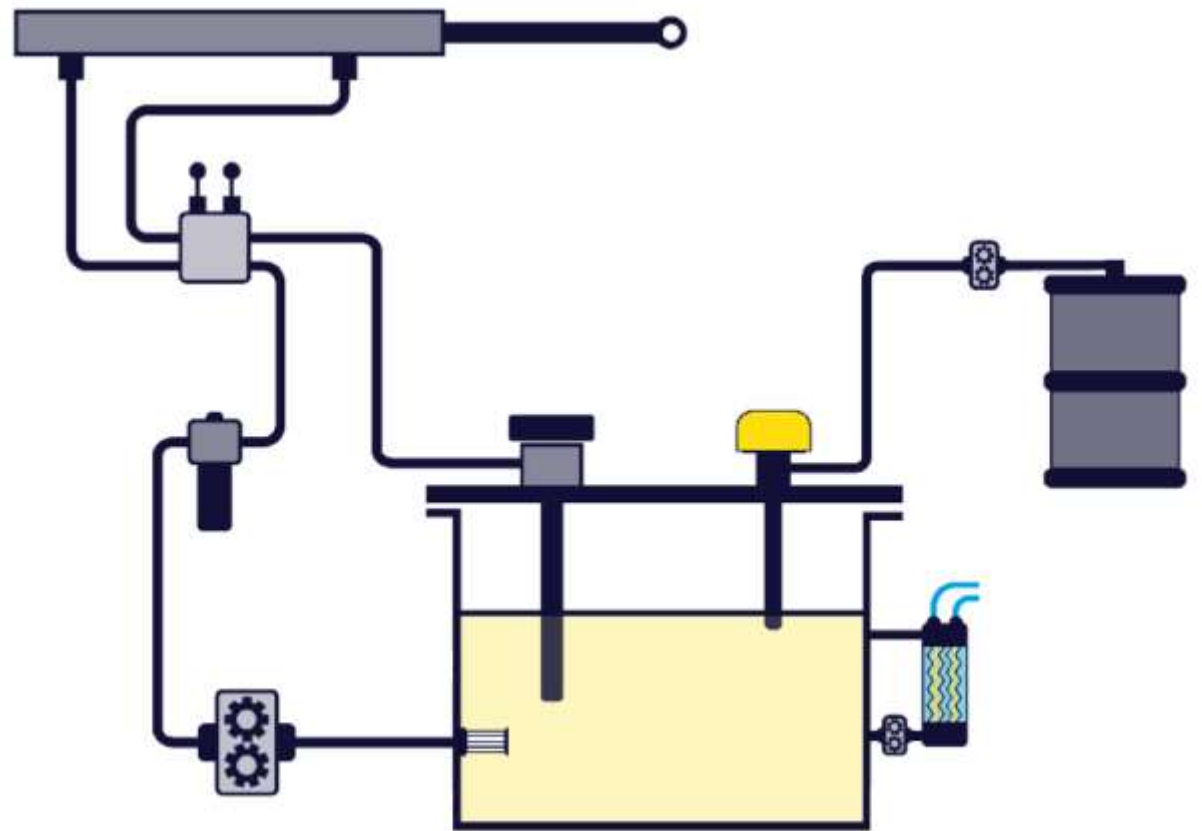


Produkty degradace na površích vytváří tenké vrstvy úsad, které tloušťku filmu ztenčují a zvyšují tak tření a opotřebení.



Kde se nečistoty berou

- Kontaminace z výroby
- Znečištění při montáži
- Čistota potrubí a hadic
- Netěsnost nádrže z okolí
- Nevhodný vzduchový filtr
- Těsnění hydraulických válců
- Špinavý olej při plnění/doplňování
- Degradace oleje
- Opotřebení komponentů
- Měrka oleje
- Kontaminace při odběru vzorků



ISO 4406:1999

Kód čistoty dle ISO 4406:1999 uvádí průměrnou koncentraci částic v 1 ml kapaliny pro částice o rozměru:

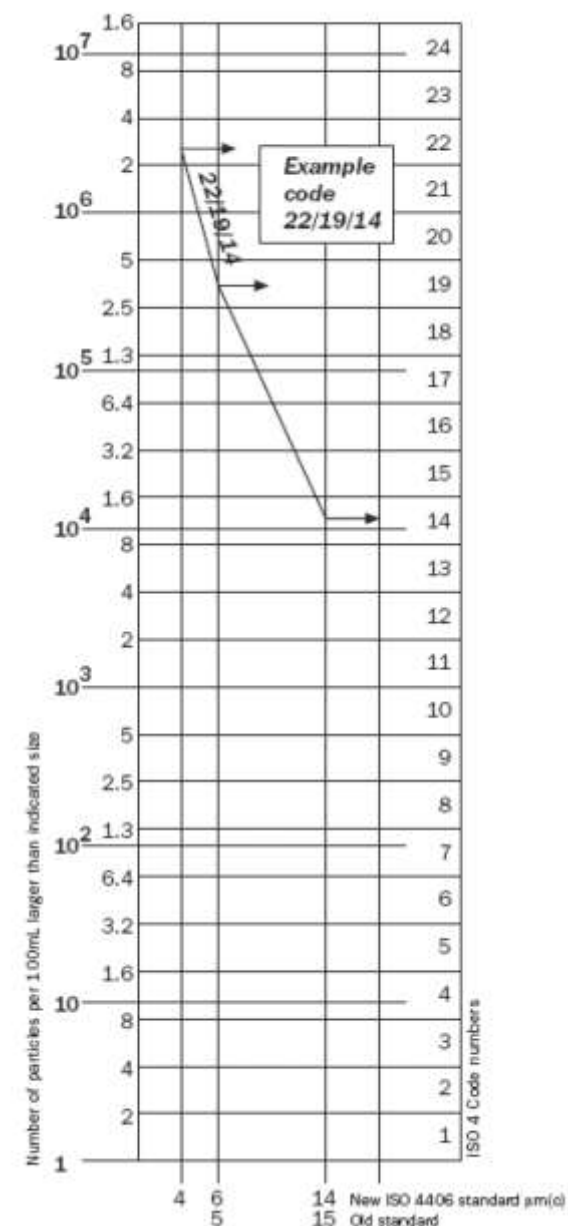
Particle Count Data	
Velikost v μm	Počet částic větších než daná velikost v 1 ml kapaliny
4	1654
6	495
10	122
14	52
20	21
50	1.3
75	0.22
100	0.05

4 μm a větší
6 μm a větší
14 μm a větší

Počet částic / ml		Kód rozsahu
Více než	Méně nebo rovno než	
80,000	160,000	24
40,000	80,000	23
20,000	40,000	22
10,000	20,000	21
5,000	10,000	20
2,500	5,000	19
1,300	2,500	18
640	1,300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2.5	5	9
1.3	2.5	8

$R_4/R_6/R_{14}$

ISO 18/16/13



Doporučené hodnoty

Typ stroje		Požadavek na kód čistoty oleje	Požadavek na množství vlhkosti v oleji
Hydraulika 100 -175 bar	Se servoventily	15/13/11	125 ppm
	S proporcionálními ventily	16/14/12	150 ppm
	Pístové čerpadlo s proměnným geometrickým objemem	17/15/12	150 ppm
	Pístové čerpadlo s konstantním geometrickým objemem	17/16/13	150 ppm
	S lamelovým čerpadlem	18/16/14	150 ppm
Převodovka		19/16/13	300 ppm
Papírenský stroj		18/14/11	200 ppm
Parní turbína		18/14/11	100 ppm
Čerpadla		17/14/12	150 ppm

Target ISO Codes					
Recommended Target ISO Cleanliness Codes and media selection for systems using petroleum based fluids per ISO4406:1999 for particle sizes $4\mu_m$ / $6\mu_m$ / $14\mu_m$ *					
Pressure	Media	Pressure	Media	Pressure	Media
< 140 bar	$\beta_{x_{99}} = 1000$	212 bar	$\beta_{x_{99}} = 1000$	> 212 bar	$\beta_{x_{99}} = 1000$

Hydraulic Data

Maximum operating pressure to ports P, T, A, B, X	315 bar (4,500 psi)
Rated flow at p_N 35 bar/spool land (500 psi/spool land)	4/10/19/38/63 l/min (1/2.5/5/10/16.5 gpm)
Maximum main stage leakage flow rate (zero lap)	2.3 l/min (0.60 gpm)
Null adjust authority	Greater than 10% of rated flow
Hydraulic fluid	Hydraulic oil as per DIN 51524 parts 1 to 3 and ISO 11158. Other fluids on request.
Temperature range	-40 to +60 °C (-40 to +140 °F)
Recommended viscosity range	10 to 97 mm ² /s (cSt)
Maximum permissible viscosity range	5 to 1,250 mm ² /s (cSt)
Recommended cleanliness class as per ISO 4406	
For functional safety	17/14/11
For longer life	15/13/10
Recommended filter rating	
For functional safety	$\beta_{10} \leq 75$ (10µm absolute)
For longer life	$\beta_5 \leq 75$ (5 µm absolute)

Axial Piston Motors	19/17/14	12µ _m (12µ)	18/16/13	12µ _m (12µ)	17/15/12	7µ _m (6µ)
Gear Motors	20/18/14	22µ _m (25µ)	19/17/13	12µ _m (12µ)	18/16/13	12µ _m (12µ)
Radial Piston Motors	20/18/15	22µ _m (25µ)	19/17/14	12µ _m (12µ)	18/16/13	12µ _m (12µ)
Test Stands, Hydrostatic						
Test Stands	15/13/10	5µ _m (3µ)	15/13/10	5µ _m (3µ)	15/13/10	5µ _m (3µ)
Hydrostatic Transmissions	17/15/13	7µ _m (6µ)	16/14/11	5µ _m (3µ)	16/14/11	5µ _m (3µ)

*Depending upon system volume and severity of operating conditions, a combination of filters with varying degrees of filtration efficiency might be required (i.e. pressure, return, and off-line filters) to achieve and maintain the desired fluid cleanliness.

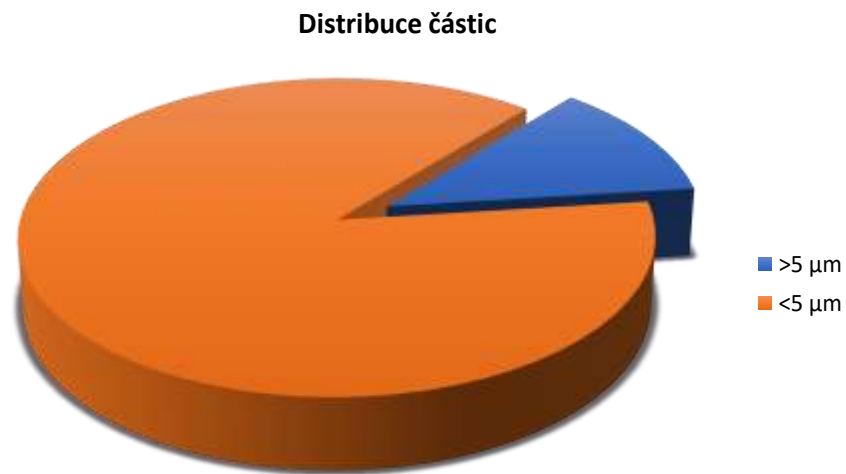
Zdroj: MOOG pilot operated flow control valve with analog interface manual, Rev. H 2014

Čím vyšší je tlak a čím citlivější jsou komponenty, tím čistší a sušší je požadovaný olej.

Závislost životnosti komponent na čistotě kapaliny



Většina nerozpustných částic v oleji jsou částice menší 5 μ m

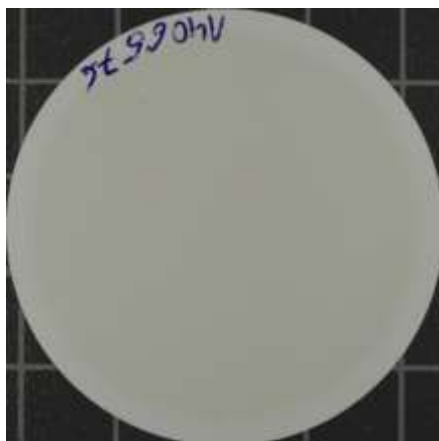


Total Insoluble Contaminants as Measured by Weight Celkové množství nerozpustných nečistot gravimetricky				
Číslo vzorku No.	>5.0 μ m	<5.0 >0.45 μ m	< 0.45 >0.22 μ m	< 0.22 μ m
1	14.91%	28.85%	29.96%	26.28%
2	16.73%	29.48%	27.06%	26.73%
3	10.48%	25.98%	25.76%	37.79%
4	11.21%	38.91%	27.40%	22.47%
5	12.67%	22.35%	28.26%	36.72%
6	9.60%	27.77%	26.47%	36.16%
7	7.51%	15.21%	22.17%	55.11%
8	19.67%	8.20%	40.98%	31.15%
9	11.11%	22.22%	30.56%	36.11%
10	1.20%	3.61%	4.82%	90.36%
11	4.72%	3.98%	25.13%	66.18%
12	16.51%	10.40%	26.91%	46.18%
13	21.43%	21.43%	27.14%	30.00%
14	7.35%	22.06%	21.66%	48.92%
15	5.81%	27.15%	50.37%	16.67%
16	9.31%	26.47%	35.29%	28.92%
17	21.45%	35.94%	38.26%	4.35%

Výběr vhodných metod

Stroj A 520

- K. viskozita 46,19 mm²/s
- Zn 233 mg/kg
- NAS 5
- ISO 14/13/10
- **C. nečistoty 23 mg/kg**



Stroj B 160

- K. viskozita 46,28 mm²/s
- Zn 269 mg/kg
- NAS 5
- ISO 14/12/10
- **C. nečistoty 265 mg/kg**



Proč dnes selhávají hydraulické kapaliny častěji



Příčinou selhání č.1 většiny moderních hydraulických kapalin je oxidace

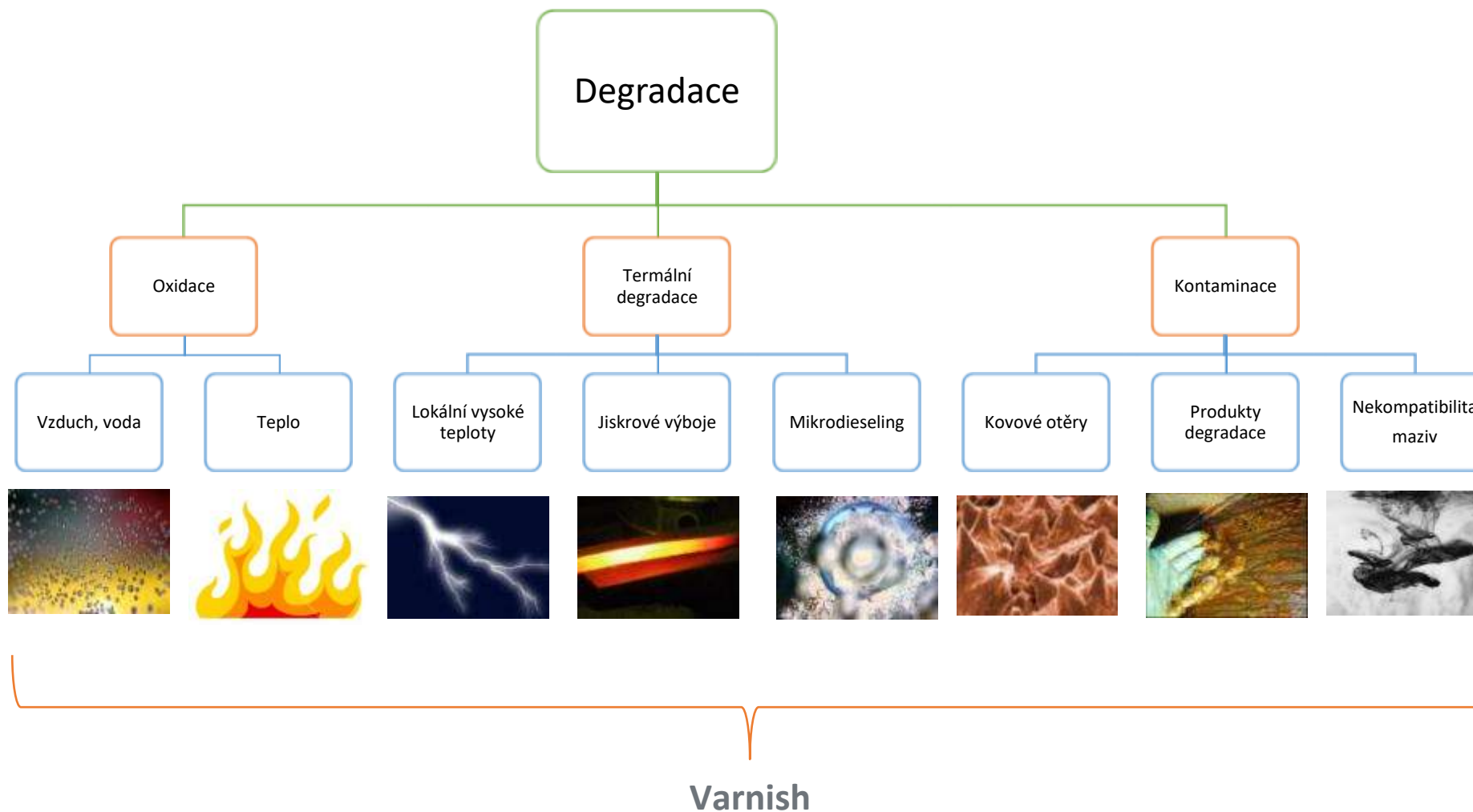
Degradace oleje



Degradace maziv

- Degradace
 - Základového oleje
 - Přísady
- Vznikají volné radikály
 - Tvoří se kyseliny, alkoholy, estery a další nežádoucí chemické látky – měkké kaly
 - Jsou polární – adsorbují na povrch kovů
- Vznik úsad v olejovém systému – varnish
- Selhání funkce maziva
- S úsadami se setkáváme stále častěji

Příčiny degradace maziv



Potenciál k tvorbě úsad

- Membrane Patch Colorimetry – MPC
- Měření znečištění oleje a potenciálu oleje k tvorbě úsad v olejových systémech
- Kolorimetr vyhodnocuje zbarvení membrány způsobené zachycenými nerozpustnými nečistotami a produkty degradace.





Zvýší výměna oleje spolehlivost stroje?

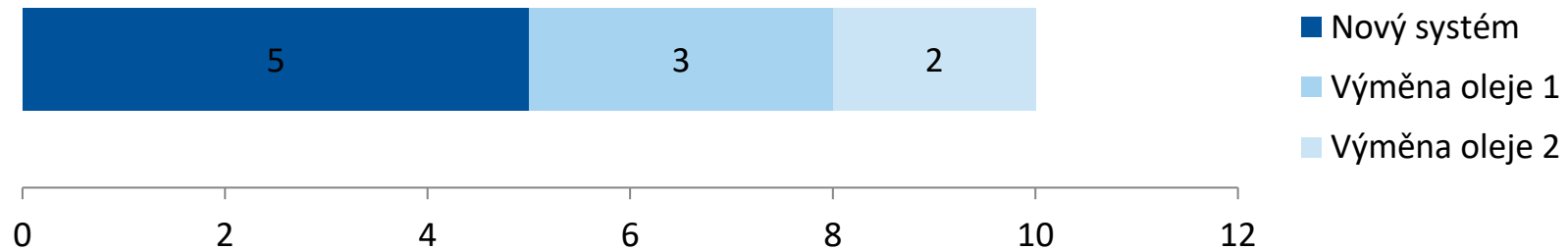
Přímé důsledky vzniku úsad

- Zasekávání ventilů
- Lepení hydraulik
- Zalepení filtrů
- Opotřebení – ložisek, čerpadel, těsniv...
- Přehřívání, neúčinné chlazení
- Zvýšené opotřebení
- Zkrácení životnosti stroje/komponent
- Zvýšená spotřeba oleje
- Kratší životnost oleje

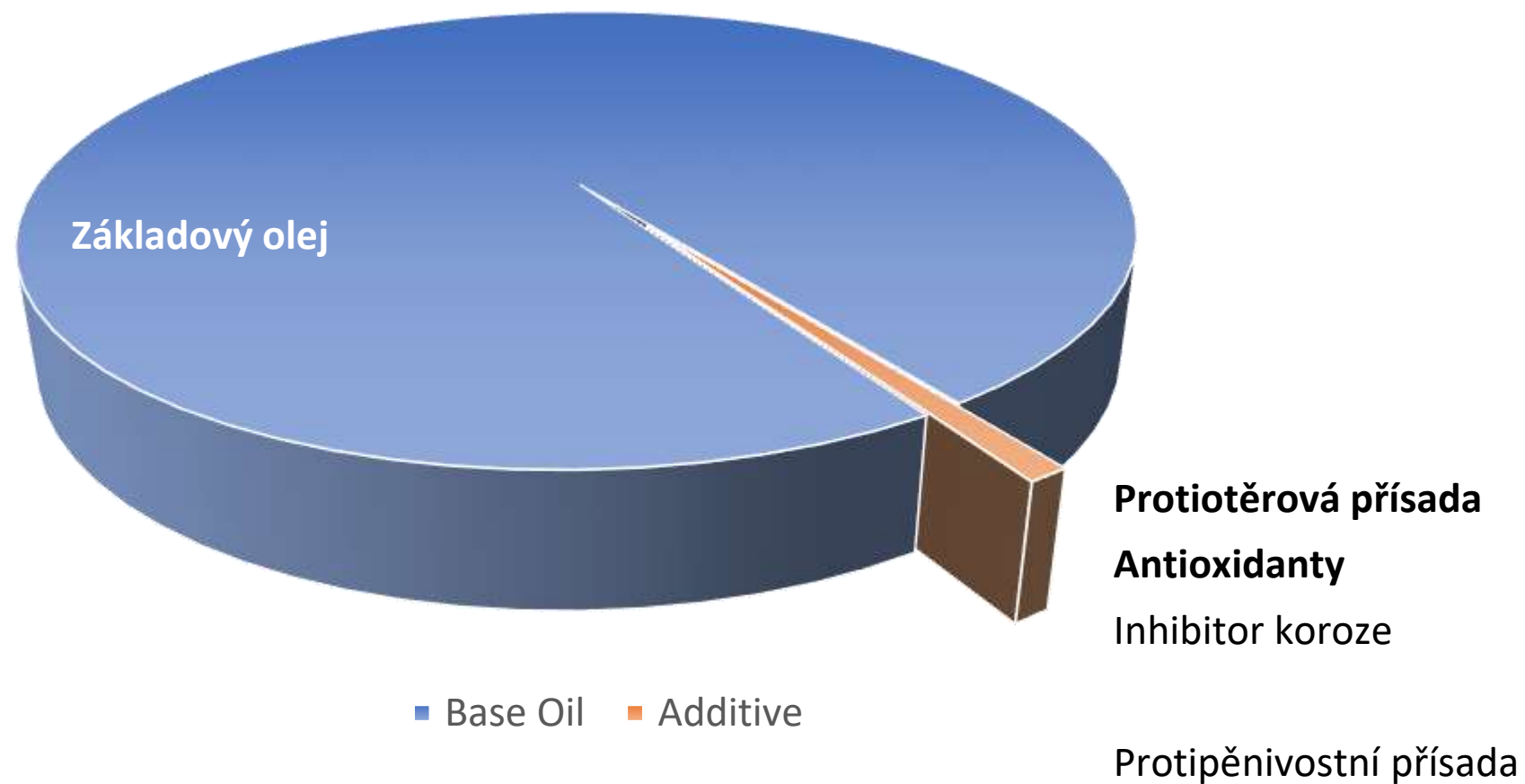


Zkrácení životnosti nových náplní

- Výměna oleje proběhla bez vyčištění systému
- Příčinou je přítomnost úsad a měkkých kalů v systému

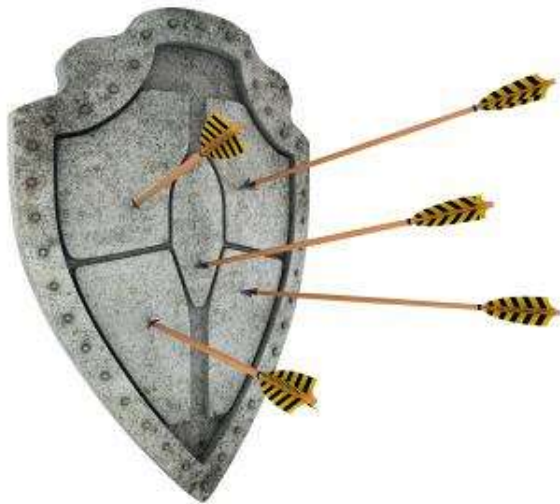


Hydraulický olej

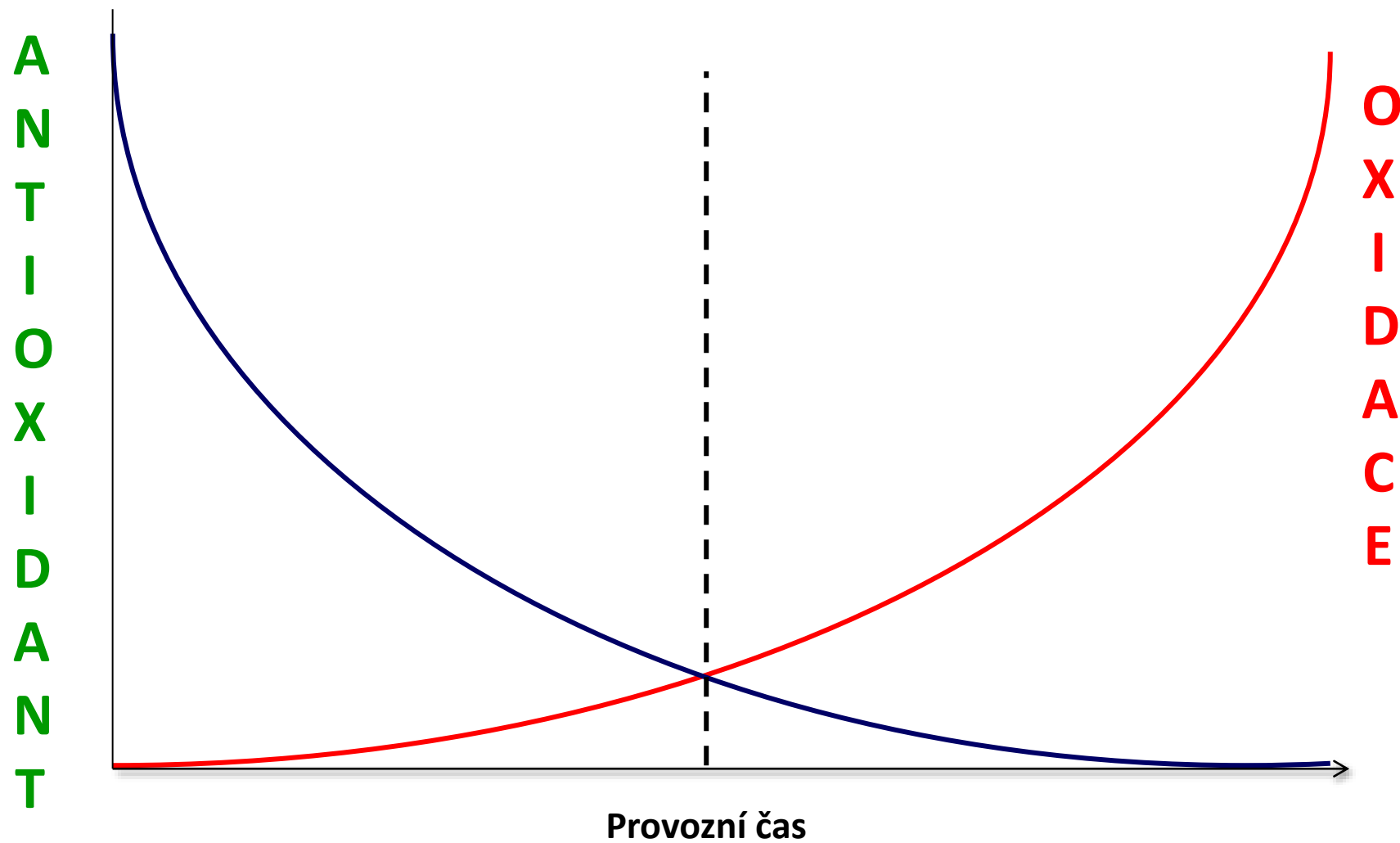


Antioxidant

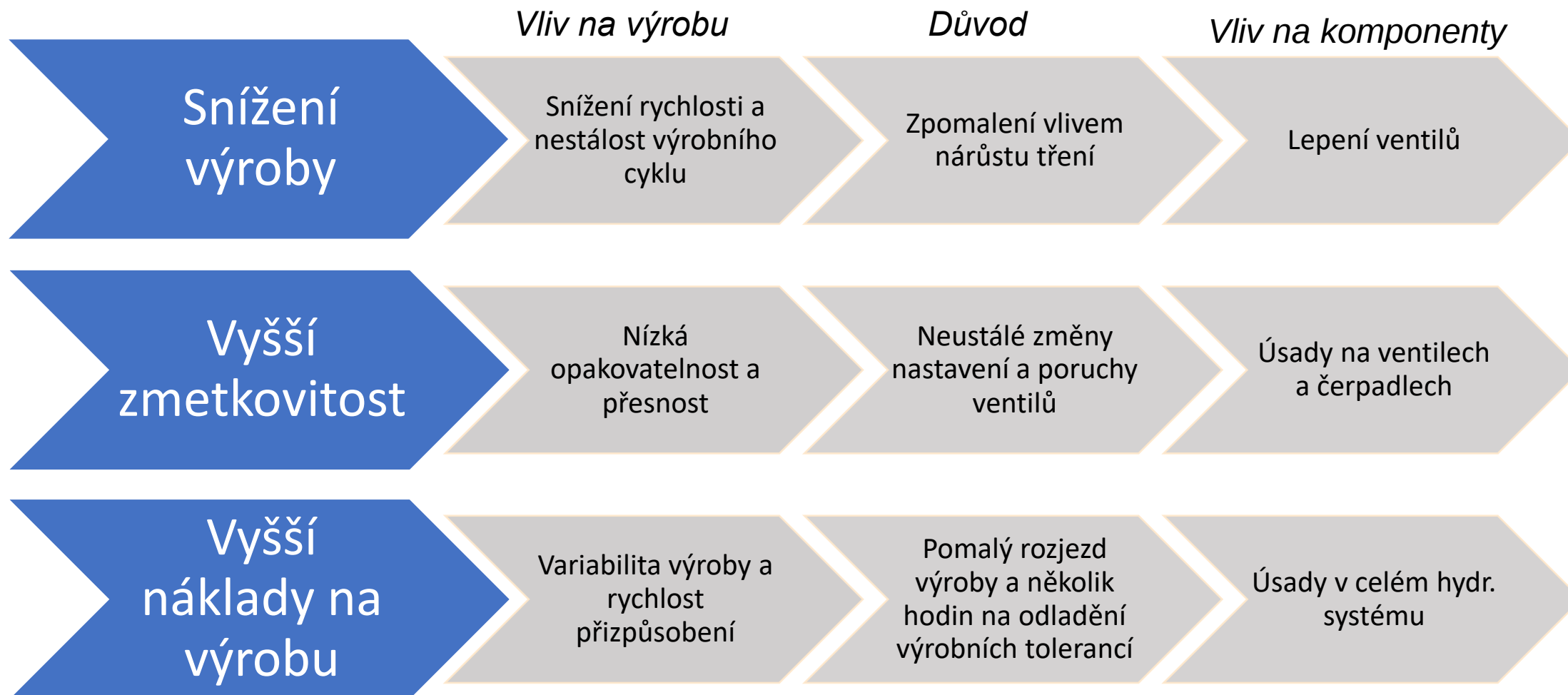
- Základní přísada většiny maziv
- Antioxidant je látka, jejíž molekuly omezují aktivitu radikálů – snižují pravděpodobnost jejich vzniku nebo je převádějí do méně reaktivních nebo nereaktivních stavů



Úbytek antioxidantu



Souvislosti se špatnou kondicí hydraulické kapaliny





Děkuji Vám za pozornost

V případě dotazů mě kdykoliv kontaktujte

Ing. Jan Novák, CLS

+420 608 826 748 / novak@intribo.com