



Lesnická
a dřevařská
fakulta

12. 4. 2018, Brno

Připravil:

doc. Ing. Zdeněk Kopecký, CSc.

Péče o hydraulické pohony

Předmět: Komplexní péče o výrobní techniku

Mendelova
univerzita
v Brně



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah přednášky

Úvod – co by měl znát provozovatel hydraulického zařízení?

1. Vznik tlaku a jeho seřízení
2. Údržba a montáž hydraulických prvků
3. Diagnostika technického stavu hydrostatických převodníků
4. Péče o hydraulické kapaliny



ÚVOD

**Co by měl znát provozovatel
a údržbář hydrostatických
mechanismů?**



Tlak u hydrostatických mechanismů

p ... tlak způsobený vnější silou

p_a ... atmosférický tlak

vakuum $p_v = 0$

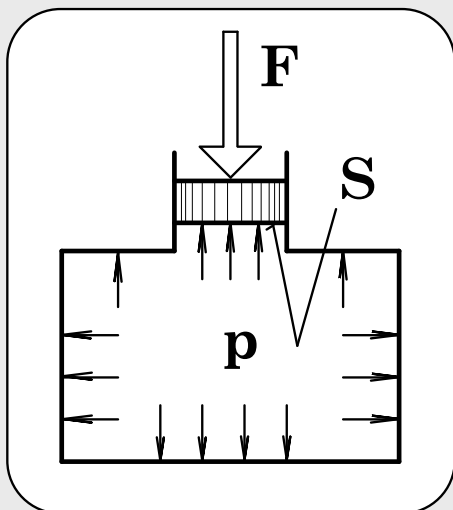
přetlak

podtlak

U HM uvažujeme pouze se statickým tlakem vzniklým od vnější síly (zanedbán je i tlak hydrostatický vzhledem k malým rozdílným výškám sloupce kapaliny u reálných HO)

$$p_s = p + \cancel{p_a}$$

$$p_s = p$$



Hydrostatický tlak je definován
Pascalovým zákonem

$$p = \frac{F}{S}$$

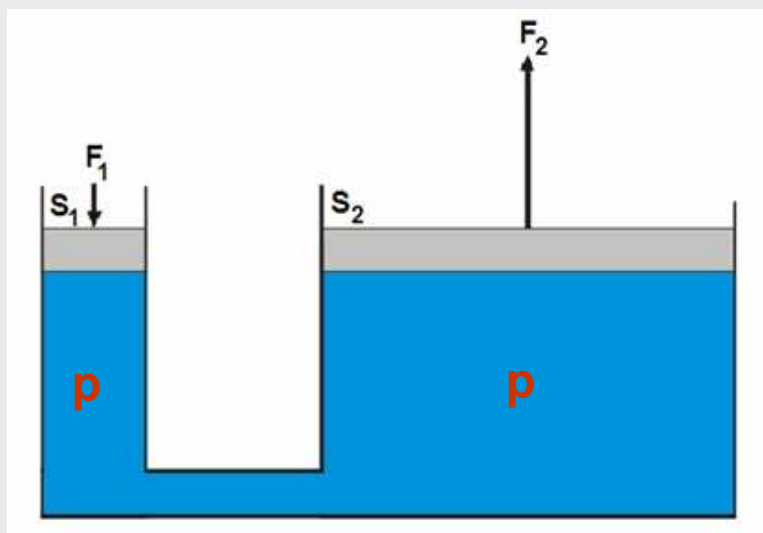
"Tlak se šíří v kapalině rovnoměrně všemi směry a je v každém místě stejně velký"

Poznámka: Hydrostatický tlak

$$p = \frac{G}{S} = h\rho g$$



Hydrostatický převod

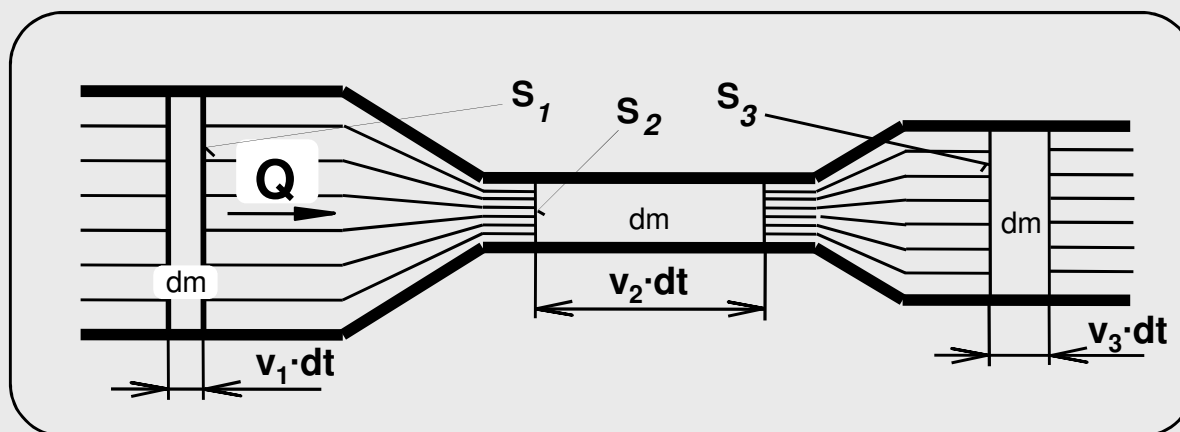


$$p = \frac{F_2}{S_2} = \frac{F_1}{S_1} = \text{konst}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \text{konst}$$



Proudění kapaliny



Aplikace zákona zachování hmotnosti

$$\begin{aligned} dm &= \rho \cdot dV = \rho_1 \cdot S_1 \cdot v_1 \cdot dt = \rho_2 \cdot S_2 \cdot v_2 \cdot dt = \\ &= \rho_3 \cdot S_3 \cdot v_3 \cdot dt = \text{konst} \end{aligned}$$

Hmotnostní průtok

$$Q_m = \frac{dm}{dt} = \rho \cdot v \cdot S = \text{konst}$$

Objemový průtok

za předpokladu, že hustota ρ proudící kapaliny je konstantní

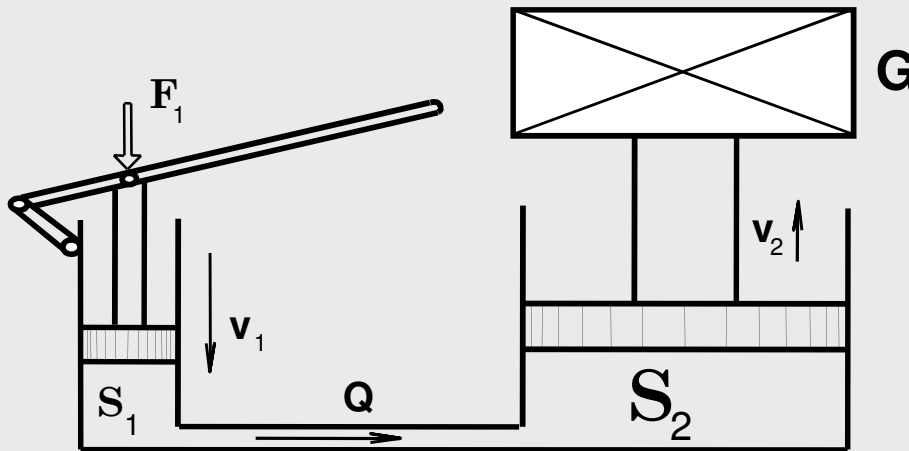
$$Q = \frac{dV}{dt} = v \cdot S = \text{konst}$$

Rovnice kontinuity proudu kapaliny:

$$v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 = v_3 \cdot S_3 = \text{konst}$$



Výpočet rychlosti zdvihu břemena



Pákový mechanismus pohybuje malým pístkem hydraulického zvedáku průměrnou rychlostí $v_1 = 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Zajímá nás jaký průtok kapaliny Q přiteče pod hydraulický píst zvedající břemeno o tíze G .

Jaká bude rychlost zdvihu břemene v_2 ? Plocha pístku $S_1 = 100 \text{ mm}^2$ a plocha velkého pístu je $S_2 = 1000 \text{ mm}^2$.

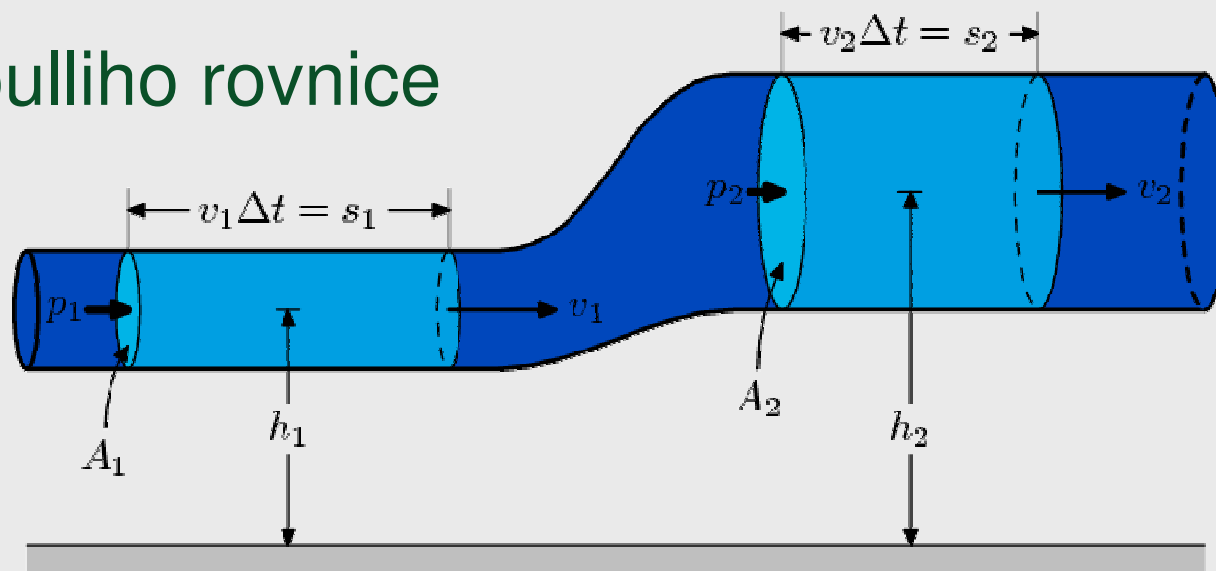
objemový průtok $Q = v_1 \cdot S_1 = 0,5 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (3 l/min)

rychlost zdvihu břemene

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{S_1}{S_2} = 0,5 \cdot \frac{100 \cdot 10^{-6}}{1000 \cdot 10^{-6}} = 0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



Bernoulliho rovnice

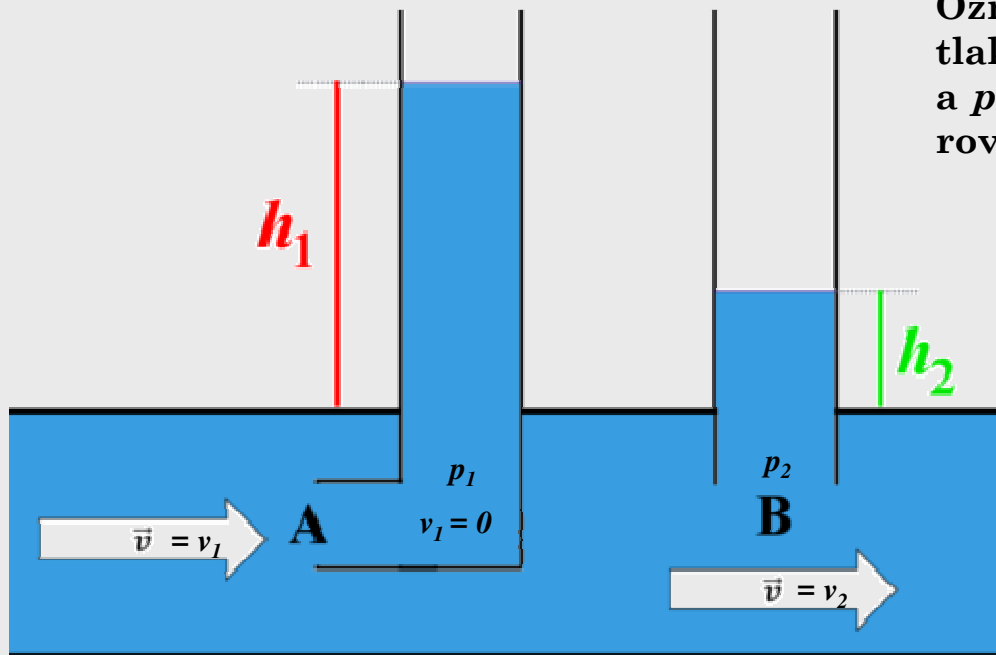


Vyjadřuje zákon zachování energie pro proudící kapalinu. Součet kinetické a potenciální energie (tlakové + gravitační) je ve všech místech trubice stejný. Platí pouze pro ustálené proudění ideální nestlačitelné kapaliny (je zanedbáno tření).

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + p \cdot V + m \cdot g \cdot h = konst$$



Pitotova trubice k měření rychlosti proudění



Označíme v_1 rychlost proudění v bodě A a p_1 tlak v bodě A, v_2 rychlost proudění v bodě B a p_2 tlak v bodě B, potom podle Bernoulliho rovnice platí:

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 + p_2$$

Jakmile se kapalina dostane k ústí zahnuté trubice, zastaví se, tj. $v_1 = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$p_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 + p_2$$

Za předpokladu, že $v_2 = v$ a změříme-li výšku kapaliny na manometrických trubicích můžeme z definice hydrostatického tlaku určit tlaky p_1 a p_2 .

$$p_2 = h_2 \cdot \rho \cdot g$$

$$p_1 = h_1 \cdot \rho \cdot g$$

$$h_1 \cdot \rho \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + h_2 \cdot \rho \cdot g$$

Po úpravě této rovnice dostáváme výsledný vztah pro výpočet rychlosti proudění kapaliny v Pitotově trubici

$$v = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

1. Vznik tlaku a jeho seřízení



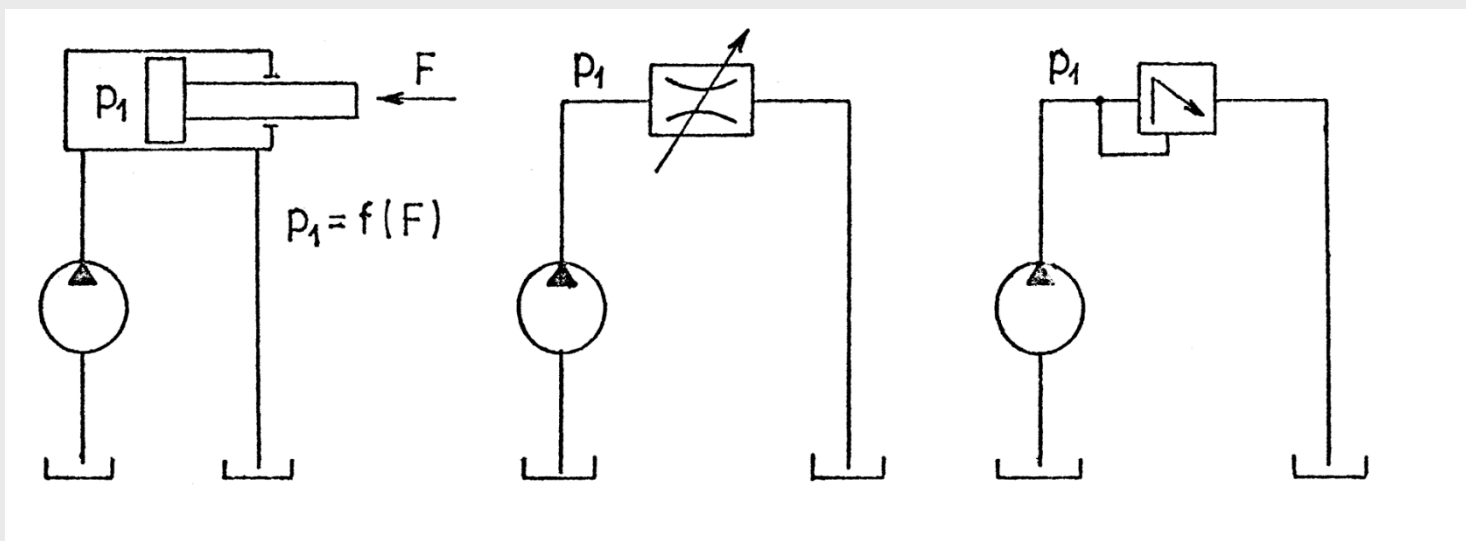
Hydraulicky ovládané přítlaky rozmítací pily



Hydraulický agregát – zdroj tlakové energie u stroje



Vznik tlaku v obvodu



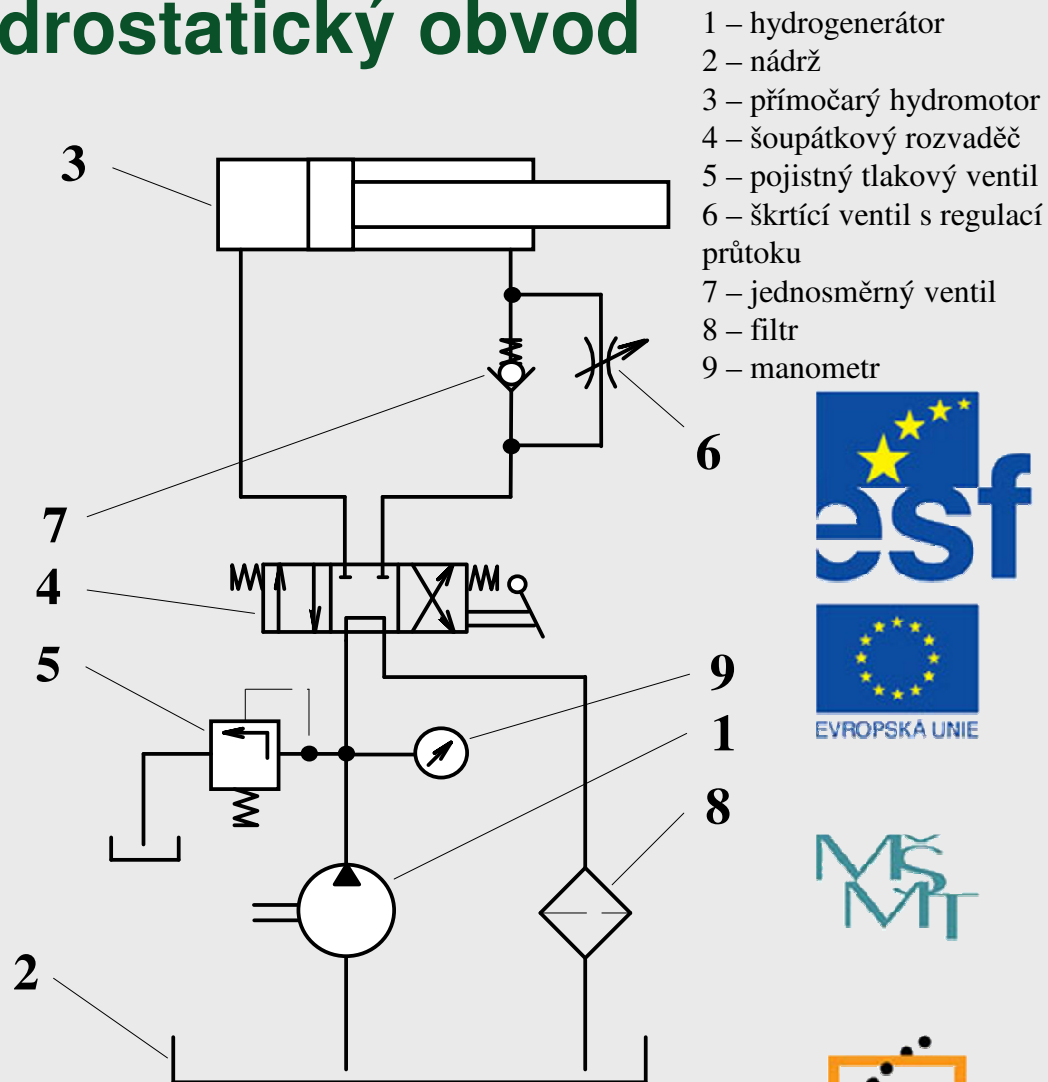
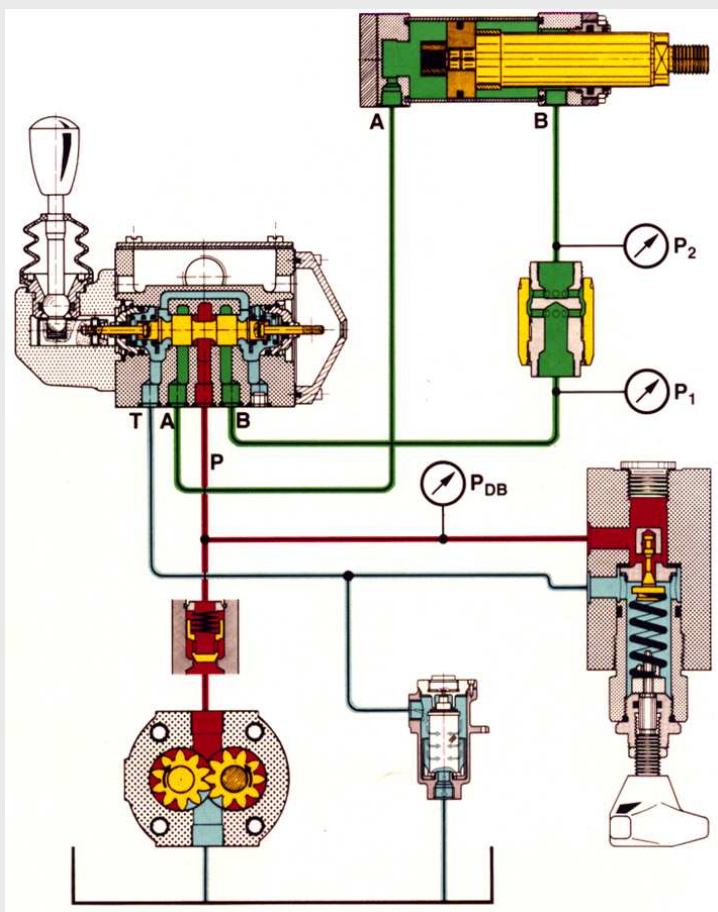
Vnější silou

Škrťicím ventilem

Přepouštěcím
(redukčním)
ventilem



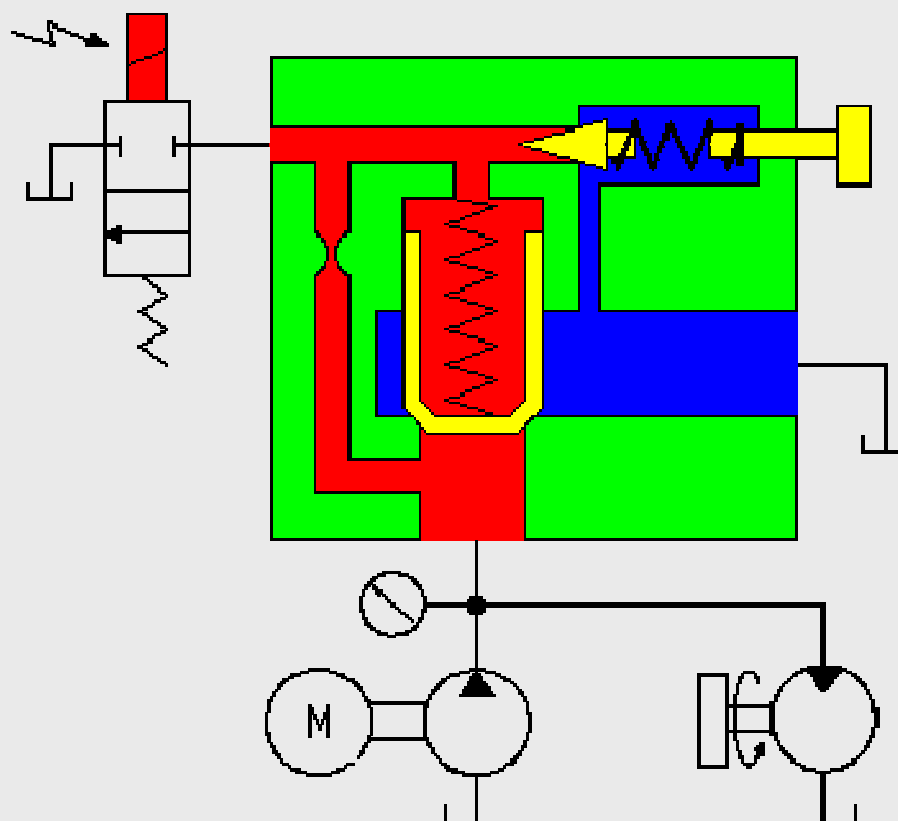
Typický otevřený hydrostatický obvod



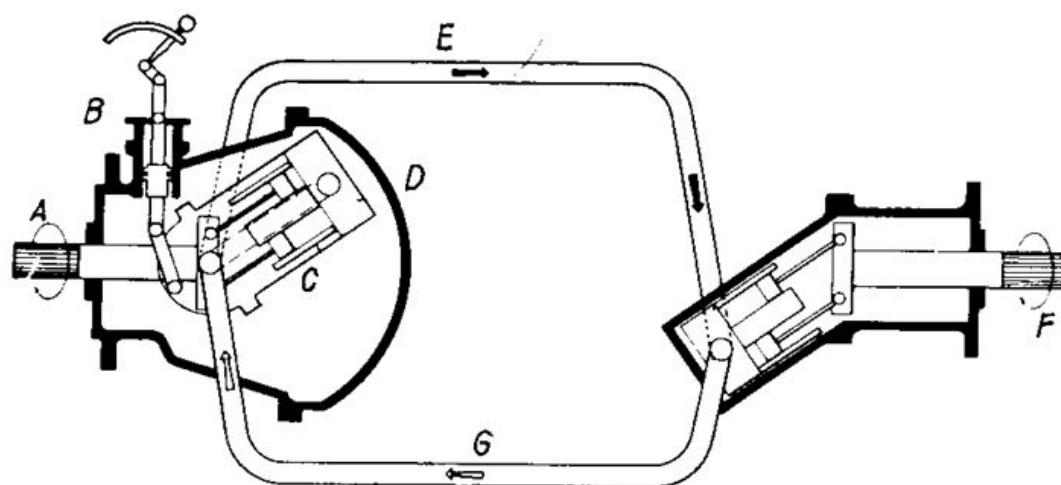
- 1 – hydrogenerátor
- 2 – nádrž
- 3 – přímočarý hydromotor
- 4 – šoupátkový rozvaděč
- 5 – pojistný tlakový ventil
- 6 – škrtkový ventil s regulací průtoku
- 7 – jednosměrný ventil
- 8 – filtr
- 9 – manometr



Princip funkce tlakově vyváženého PV



Uzavřené hydrostatické převody



- A – pohon čerpadla,
- B – ovládání sklonu čerpadla,
- C, D – skříně čerpadla,
- E – tlakové potrubí od čerpadla k hydromotoru,
- F – hydromotor s neměnitelným objemem,
- G – zpětné potrubí od hydromotoru k čerpadlu

Nejjednodušší obvod s regulačním čerpadlem a neregulovaným hydromotorem dává spojitou regulaci frekvence otáčení.

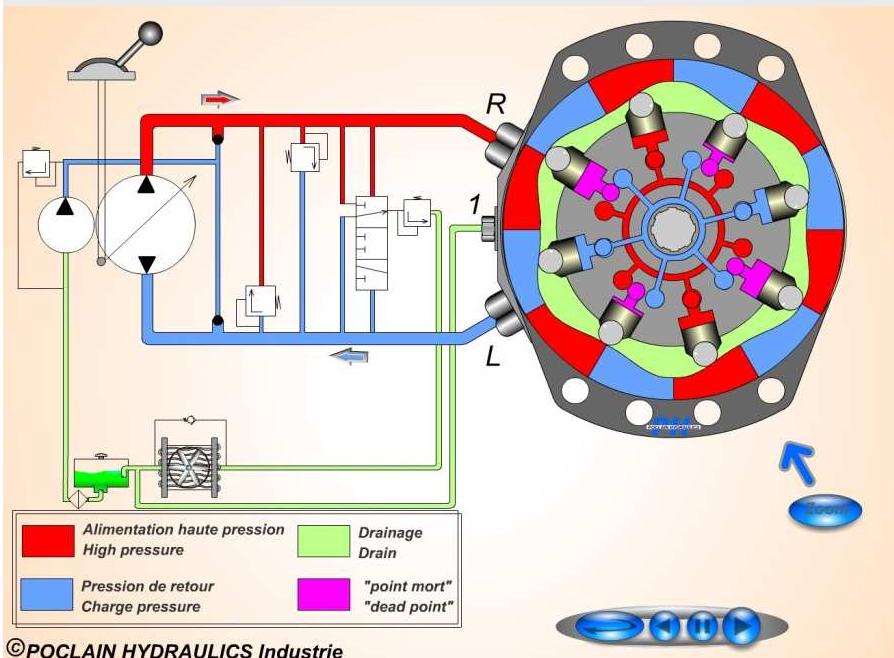
Obvod může být tzv. uzavřený (bez nádrže).



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Vyvážecí souprava s hydrostatickým převodem



©POCLAIN HYDRAULICS Industrie

FD-H2 VALVE

- Traction control
- Compact and modular design
- Up to 500 bar
- Up to 300 L / min.

PW PUMP

- Up to 96,4 cm³/rev.
- Up to 3 850 rpm
- Up to 500 bar
- Up to 233 kW

VB VALVE

- Compact design
- Vertical or horizontal version
- Great stability and performance
- Flow rate of 30 L/min.
- Max. input pressure up to 250 bar

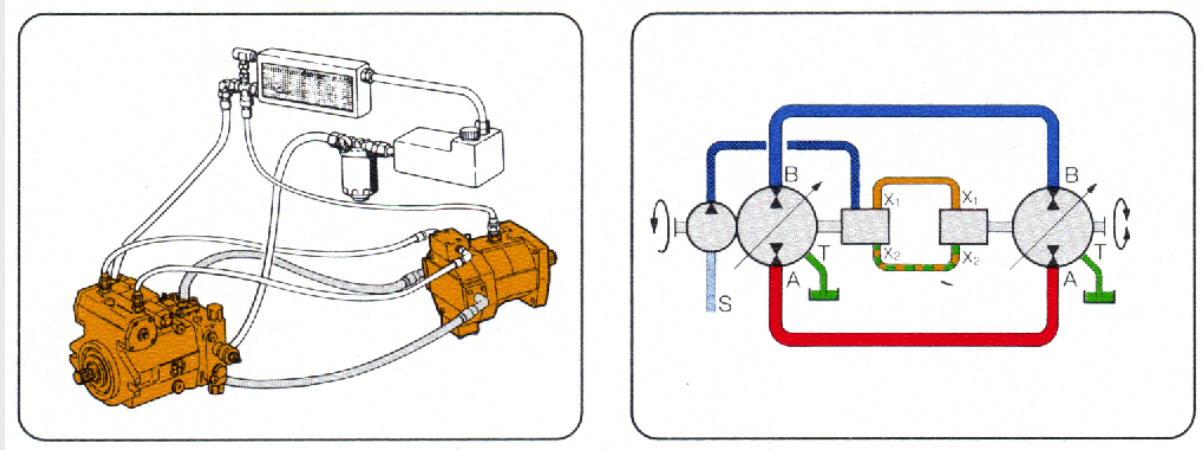
MS MOTORS

- Up to 2 500 cm³/rev.
- Up to 150 rpm
- Up to 450 bar
- Up to 53 kW

MS MOTORS

- 260 to 6 000 cm³/rev.
- Up to 360 rpm
- Up to 450 bar
- Up to 148 kW

Konstrukční charakteristika komplexního převodu



$$i_h = \frac{n_G}{n_M} = \frac{V_M}{V_G}$$

$$i_{h \max} = \frac{V_{M \max}}{V_{G \min}}$$

$$i_{h \min} = \frac{V_{M \min}}{V_{G \max}}$$

Regulačním parametrem je geometrický objem H_G i H_M . Tento hydrostatický převod je často rozšířen u kombinovaných pohonů s mechanickými převody (systém 2plus2, nebo systém CVT Vario). Díky svým parametrům, zejména vysokému regulačnímu rozsahu otáček a momentu se uplatňuje v pohonech nakladačů, rýpadel, kolových traktorů, jeřábů, zemědělské a lesnické techniky, atd.

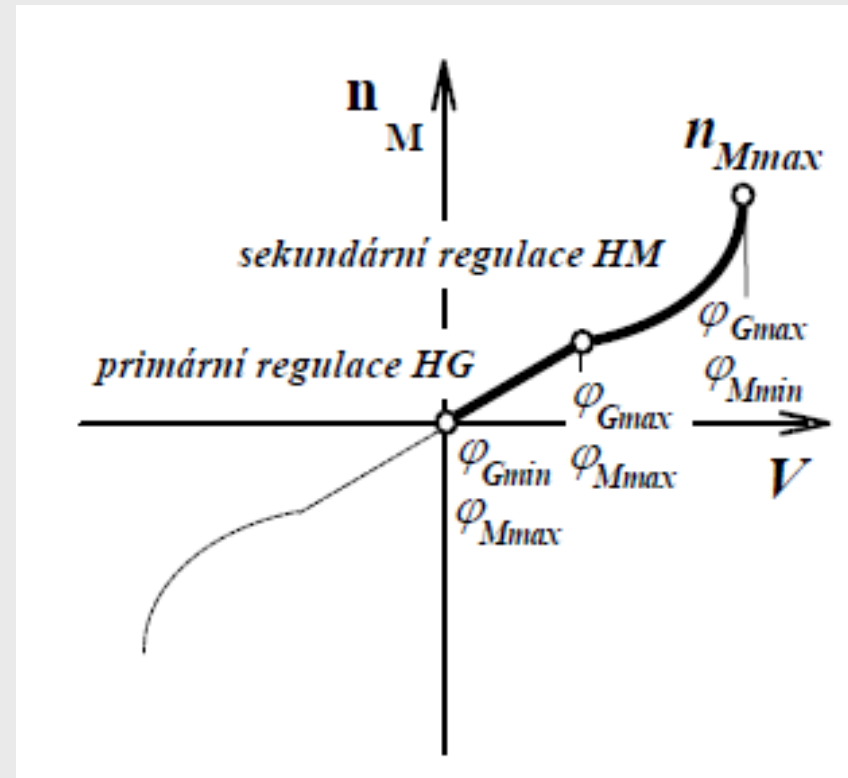
Otáčková regulační charakteristika převodu



$$n_M = \frac{V_G}{V_M} \cdot n_G = \frac{\varphi_G}{\varphi_M} \cdot \frac{V_{Gmax}}{V_{Mmax}} \cdot n_G$$

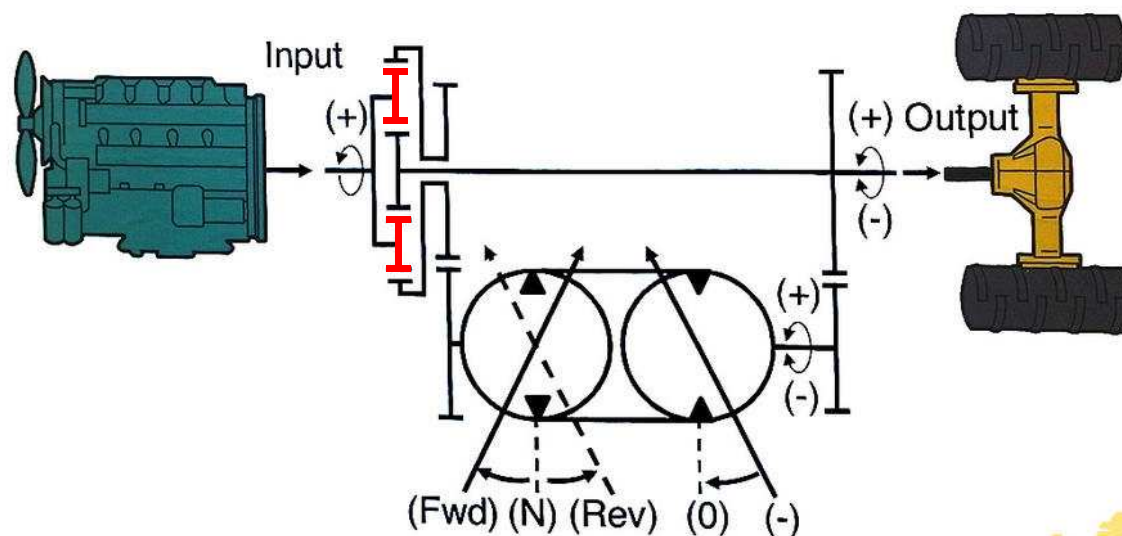
$$\varphi_G \in \langle -1, 1 \rangle$$

$$\varphi_M \in \langle 1, \varphi_{Mmin} \rangle$$



Kombinovaný převod CVT Vario

CVT CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION



Zdroj: Volvo Innovation Forum, Eskilstuna, srpen 2013

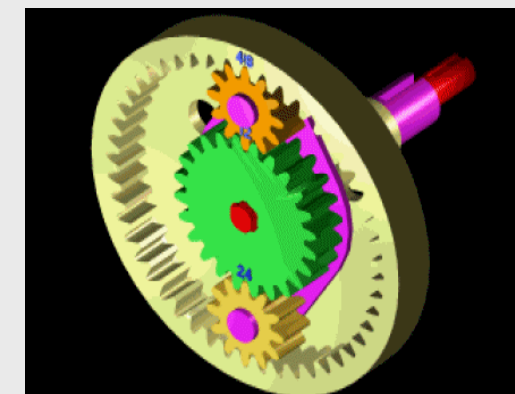
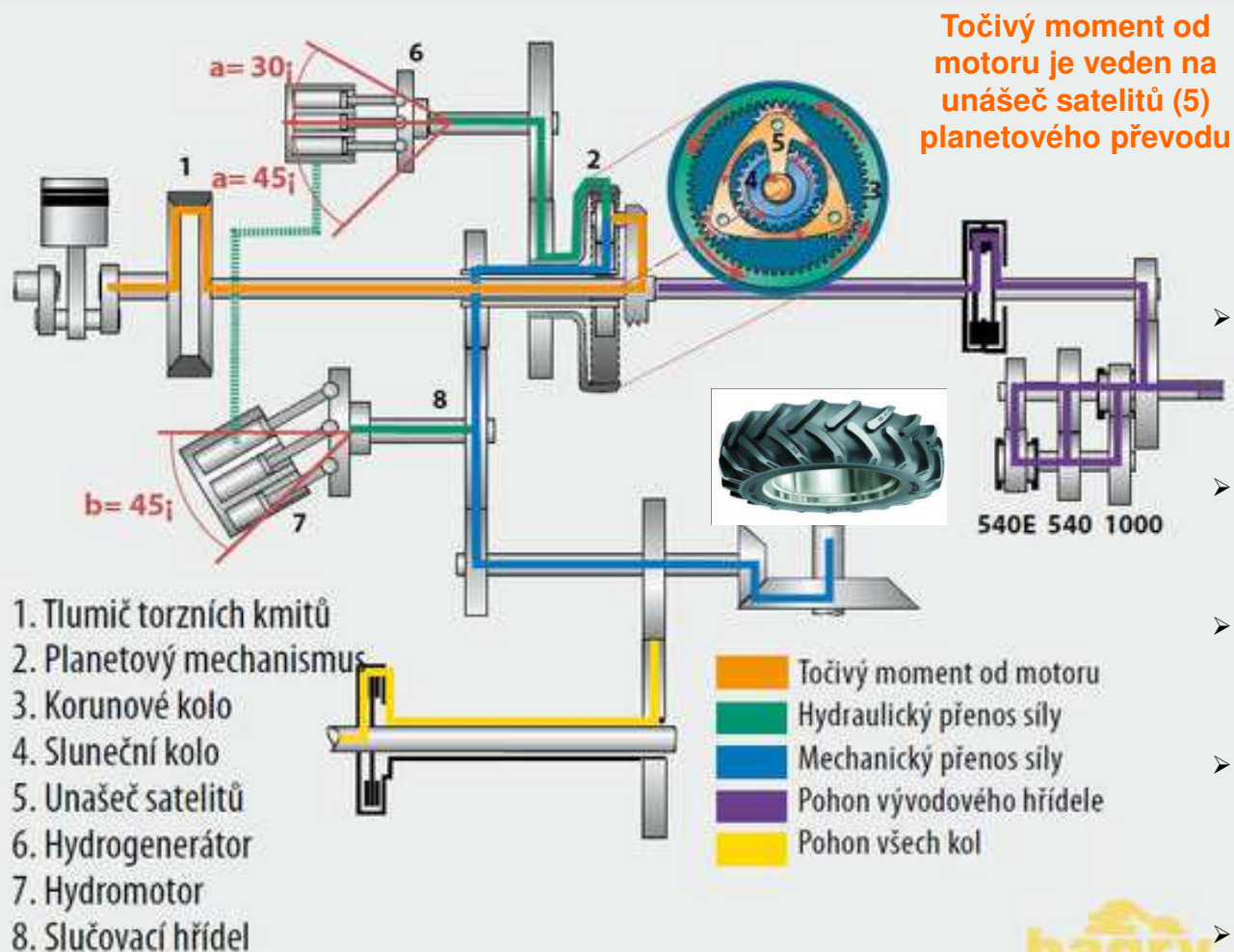
bagry
www.bagry.cz

Návrh - 1987 (český konstruktér Robert Honzek - začal realizovat prvotní nápad Hanse Marschalla u firmy FENDT – převodovku Vario.

Převodovka Vario (označuje se také zkratkou CVT Continuously Variable Transmission = převodovka s plynule měnitelným převodem nebo jako převodovka s rozdělením hnací síly [power split transmission])

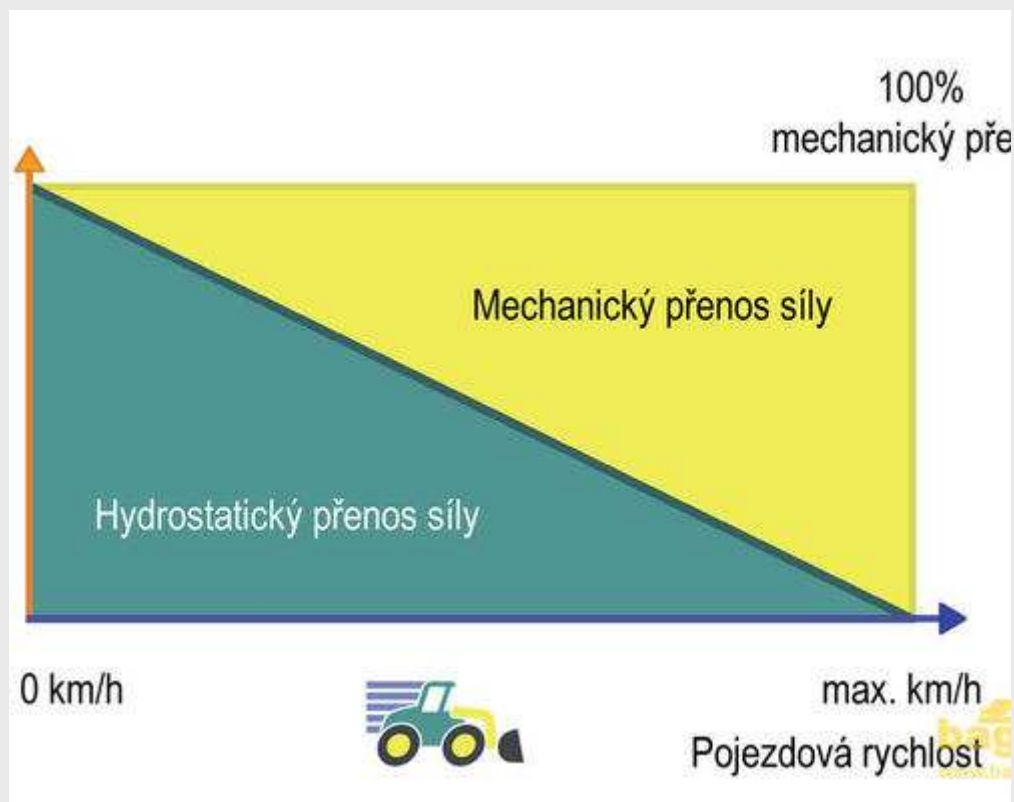


Princip funkce



- Díky převodovému poměru v planetové převodovce (2) při rozjezdu klade nejnižší odpor vnější korunové kolo (3) a tak se díky satelitům točí a roztáčí hydrogenerátor – HG (6).
- Není-li deska v HG (6) nakloněná - čerpadlo se točí bez odporu a žádný olej do okruhu nevhání, čímž hydromotor - HM (7) i traktor stojí.
- Jakmile desku v HG (6) nakloníme, olej začne proudit do HM (7), jenž už na to se svou nakloněnou deskou čeká, a traktor se rozjede hydrostaticky.
- Díky slučovacímu hřídeli (8) se začíná točit i mechanická část, se kterou je ta hydrostatická propojená dalším ozubeným kolem propojeným s kolem centrálním (slunečním) (4) v planetové převodovce.
- Když ustavíme desku HM (7) do nulového náklonu nemá kam kapalina od HG proudit – HG i korunové kolo se zastaví a síla motoru jde do pojezdu už jen mechanicky přes centrální kolo.

Kombinace hydrostatického a mechanického přenosu síly

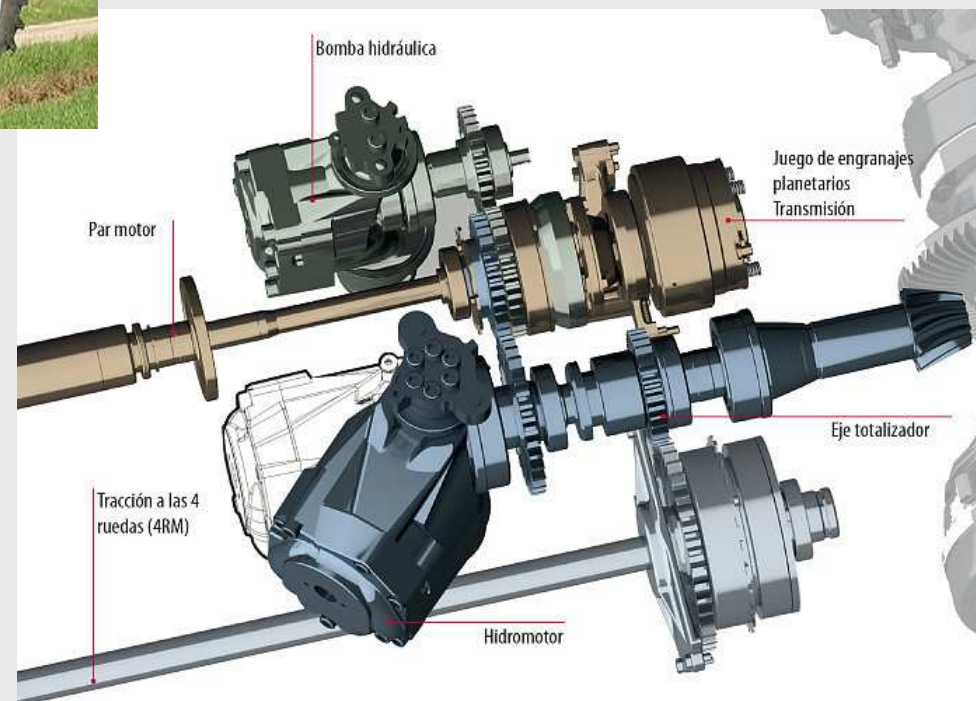


Důmyslné rozložení hnací síly - při rozjezdu zabírá pouze hydrostatika, kterou při zvyšující se pojezdové rychlosti postupně doplňuje pohon mechanický. A to do té míry, že při dosažení maximální rychlosti mechanický pohon hydrostatiku zcela nahradí.



Výhody CVT převodovky nekončí jen u spotřeby spalovacího motoru a velmi dobré účinnosti přenosu výkonu, ale vyniká především svým plynulým chodem, příjemnou citlivostí a snadným ovládním bez nutnosti používat pro zastavení brzdu.

Rychlost stroje se ovládá ovladačem. Tento ovládací prvek však už ale nemá co dočinění s otáčkami motoru. Ty hlídá elektronika, která se snaží je držet co nejnižší. Běh motoru se totiž oddělil od samostatného pohonného ústrojí, takže elektronika má mnohem více možností ho ovládat podle svého vlastního mínění. Klidně se může stát, že budete zrychlovat, zatímco otáčky motoru budou klesat.



2. Údržba typických hydraulických prvků

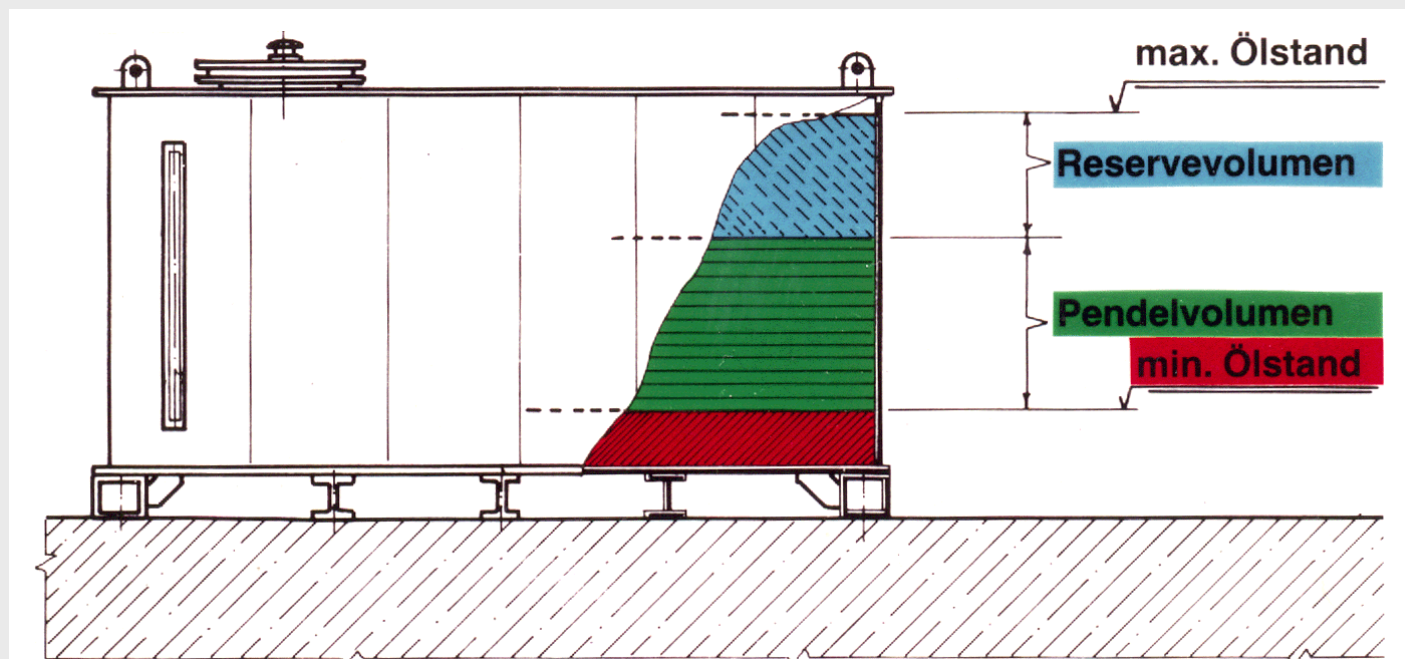


Zásady provozu hydrostatických obvodů

- dodržovat předepsané množství hydraulické kapaliny,
- dodržovat předepsanou viskozitu kapaliny,
- dodržovat předepsanou čistotu hydraulické kapaliny,
- dbát na správné seřízení tlaků v obvodu,
- obvod musí být odvzdušněn (zejména uzavřené obvody),
- dodržovat těsnost spojů,
- neprovádět neoprávněné zásahy do obvodu,
- kontrolovat mechanický stav.



Údržba nádrže a filtrace kapaliny



Nádrž slouží jako:

- zásobník a chladič kapaliny,
- umožňuje unikání vzduchu,
- usazování nečistot.



Zásady provozu a údržby:

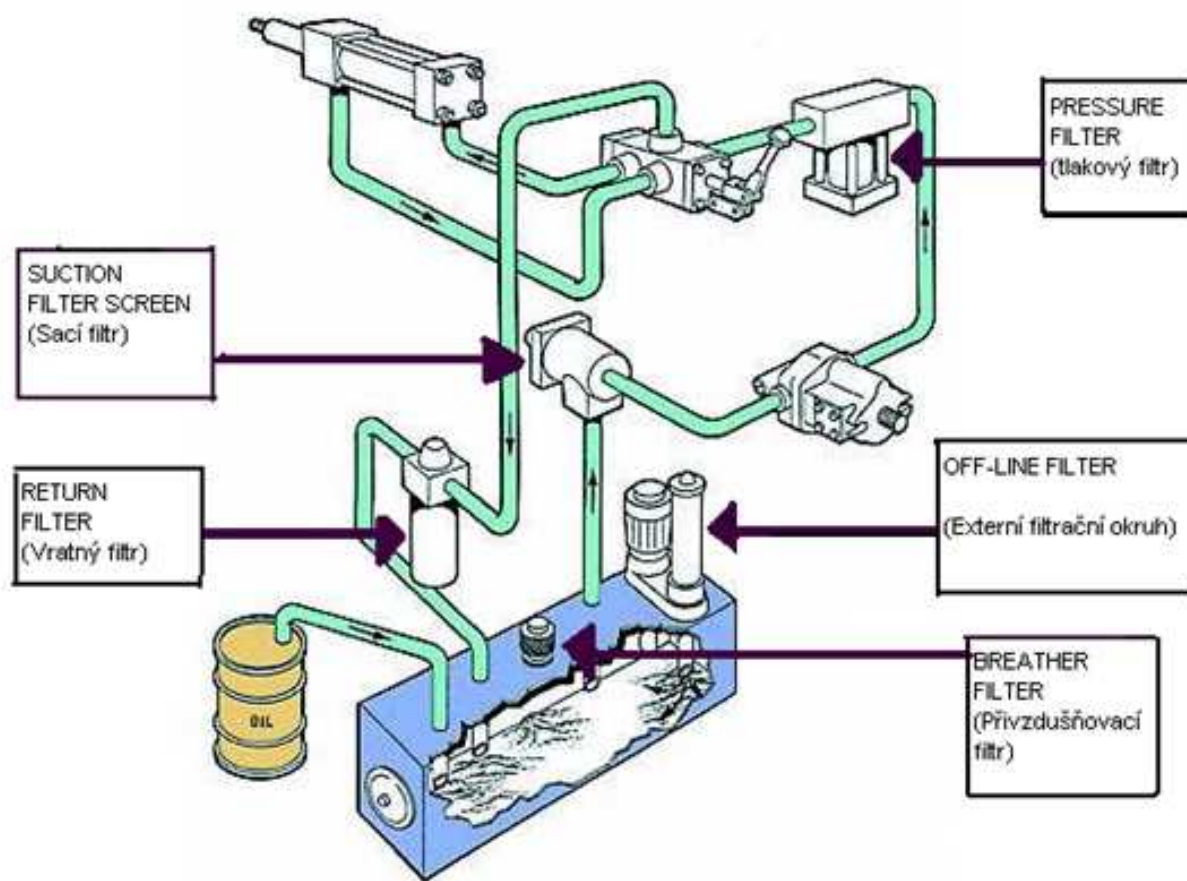
- dbát na těsnost nádrže,
- dodržovat předepsané množství kapaliny,
- jsou-li v nádrži filtry - pak údržba filtrů - viz dále.



Plnění nádrže hydraulickou kapalinou i z originálních obalů plnit zásadně přes filtračky.

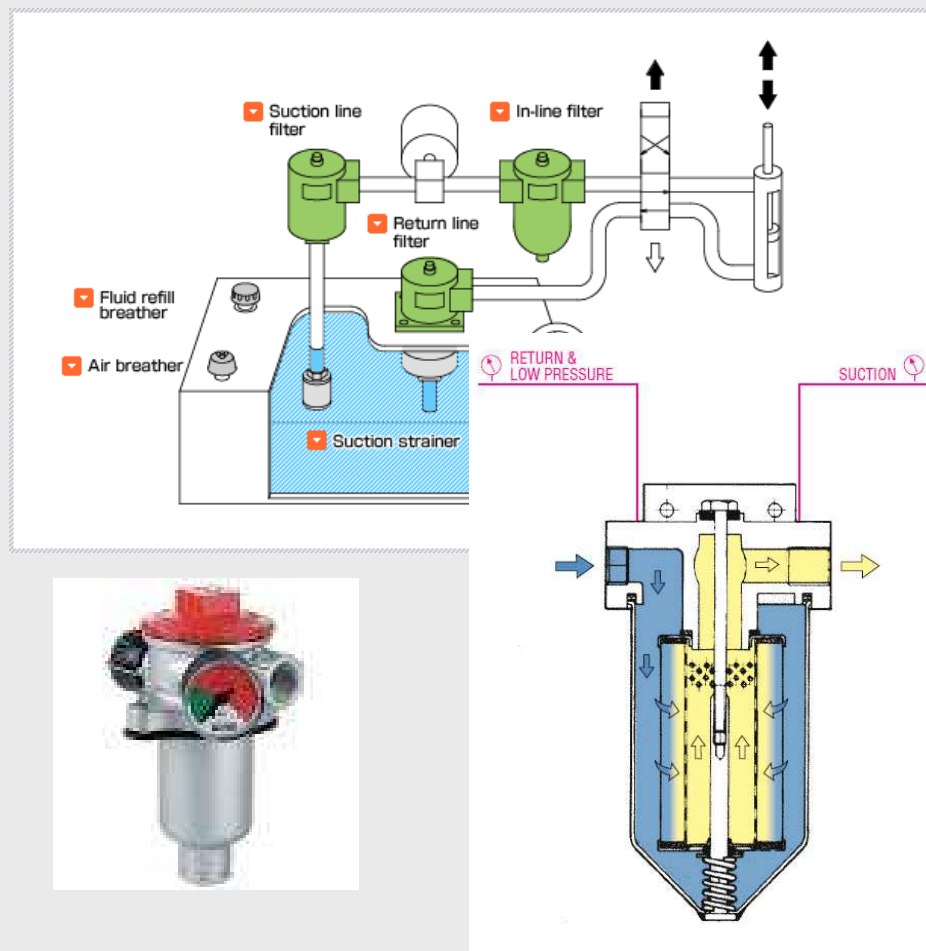


Druhy filtrů v hydraulickém obvodu



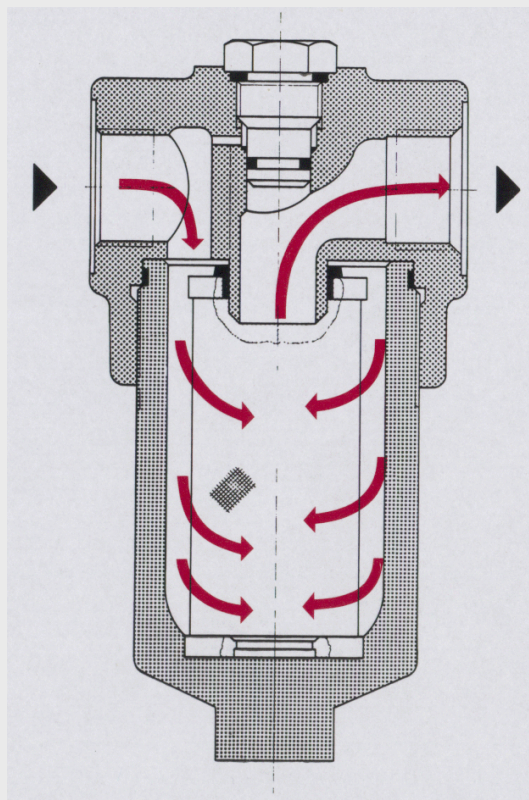
Sací filtr

Přímá montáž na sací potrubí



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tlakový filtr



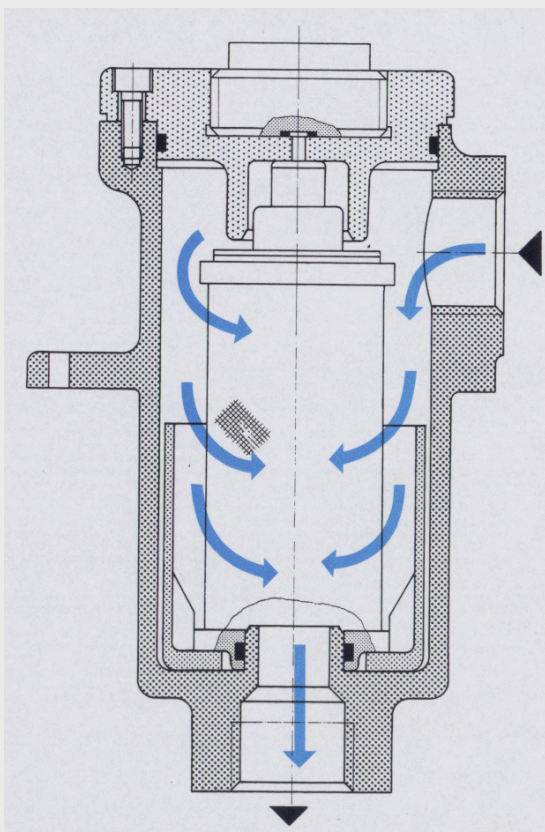
**Těleso filtru
musí být
navrženo na
max. tlak v
obvodu**



**Filtrační
vločka je
dimenzována
na max. tl.
spád**



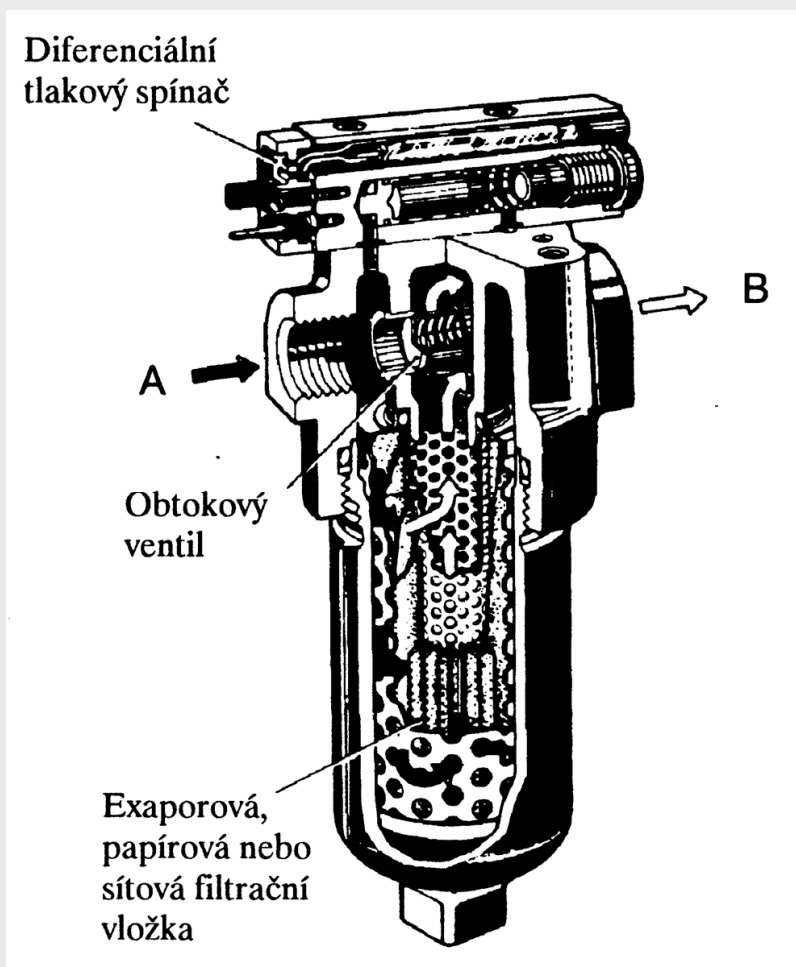
Vratný (zpětný) filtr



Filtrační vložka je při údržbě
filtru vyměňována za novou



Konstrukční opatření při zanesení filtrační vložky

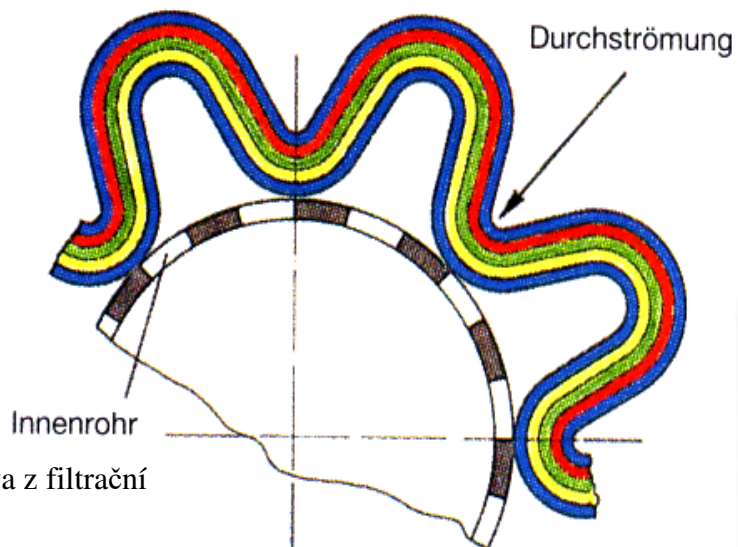







Signální houkačka spínaná diferenciálním tlakovým spínačem upozorňuje obsluhu stroje o zanesení filtrační vložky.

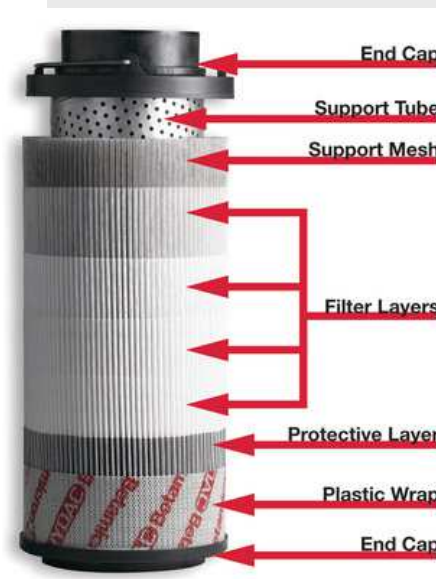
Při max. zanesení otevře obtokový ventil a chrání obvod proti znečištění, kdyby došlo k protržení filtrační vložky.



Vícevrstvé filtrační vložky pro hloubkovou filtraci (system Betamicron)



-  Ochranná vrstva z filtrační tkaniny
-  Filtrační papír
-  Skelná vlákna
-  Výztuž z umělé hmoty
-  Ochranná vrstva z filtrační tkaniny



EVROPSKÁ UNIE



Betapoměr a filtrační účinnost filtru

$$\beta_x = \frac{n_{\text{před filtrem} \geq x \mu\text{m}}}{n_{\text{za filtrem} \geq x \mu\text{m}}}$$

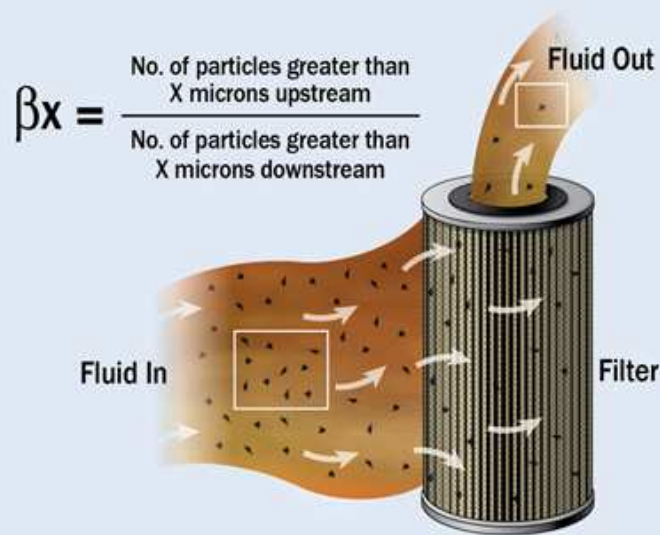
Výpočtový příklad: $\beta_{10} = \frac{100000}{1000} = 100$
 velikost částic v μm

$\beta_x = 2$ 50 % odebrání částic
v průřezu
= minimální efekt mající význam

$\beta_x = 20$ 95 % odebrání částic
/ nominální hodnocení /

$\beta_x = 75$ 98,6 % odebrání částic

$\beta_x = 100$ 99 % odebrání částic
/ blíží se absolutnímu hodnocení /



Filtrační účinnost

$$\eta_F = 100 - \frac{100}{\beta_x}$$



Zásady montáže hydraulických hadic



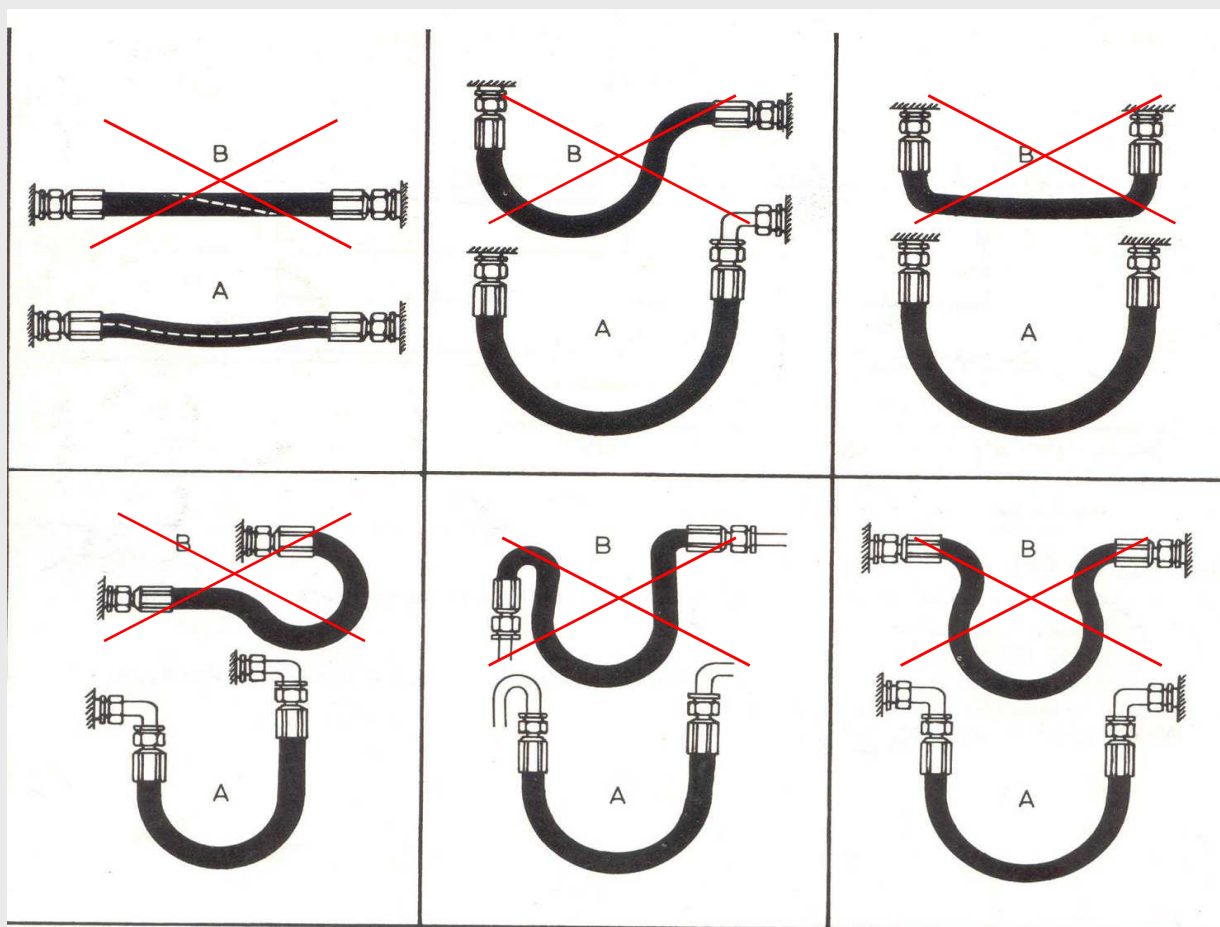
1. Při montáži **nesmí být** hadice **zkrucovány**.
2. Hadice se **nesmí dotýkat ostrých hran** a tuhých prvků, jinak hrozí nebezpečí prodření při pulsaci tlaku.
3. Při výměně poškozené hadice, je **nutné dodržet stanovené rozměry a tlak!**
4. Min. poloměr ohybu musí být alespoň **10 násobek vnějšího průměru hadice**.



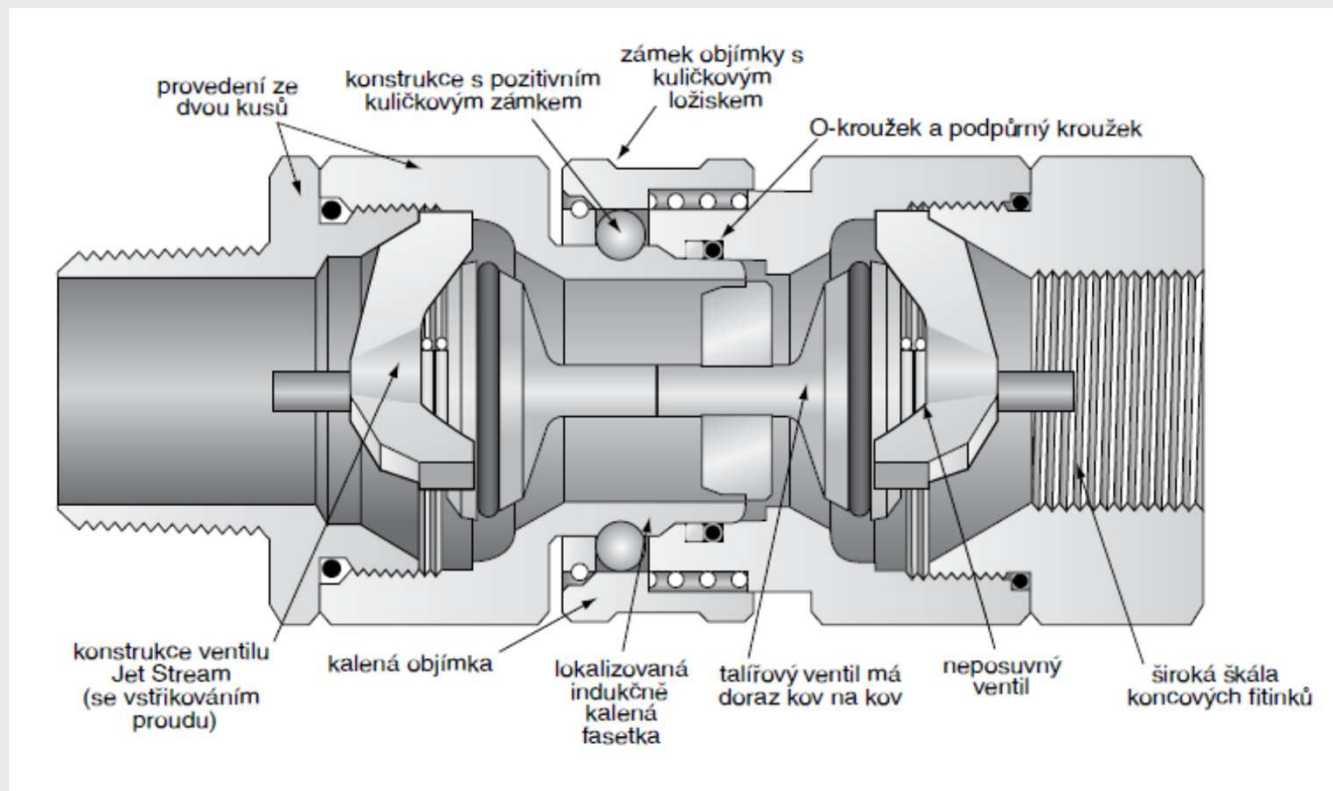
Montáž hydraulických hadic

A – správně

B - špatně

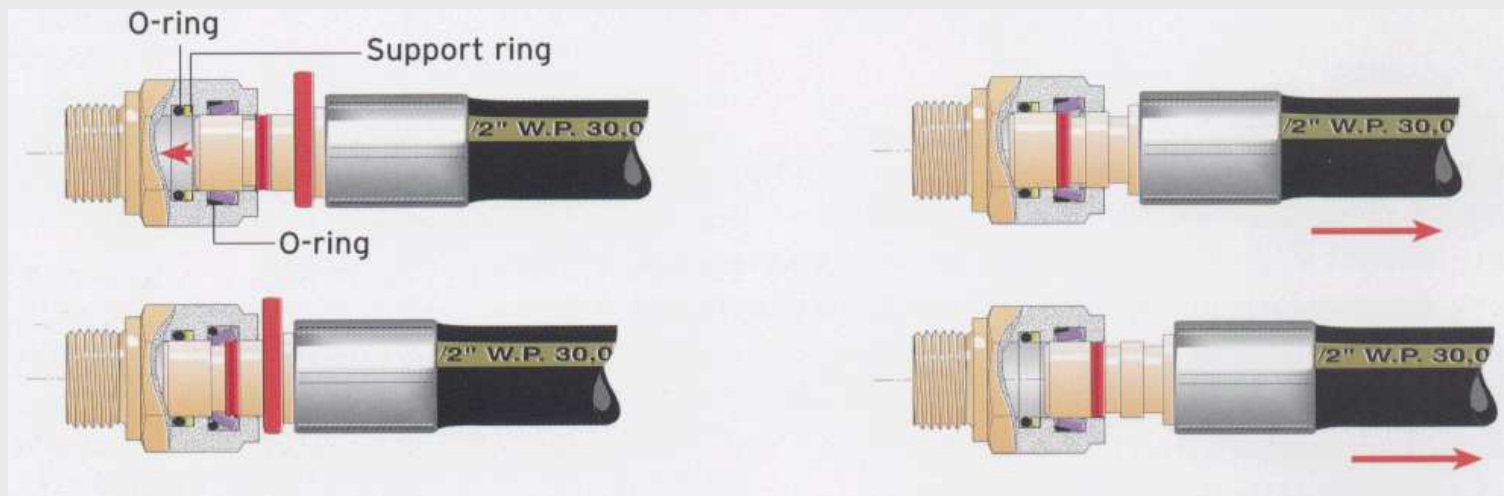
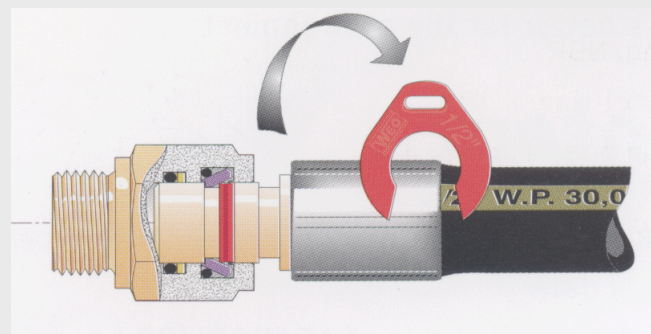


Rychlá montáž hadic pomocí rychlospojek

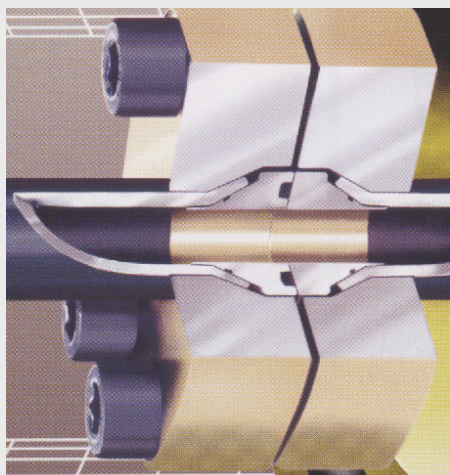
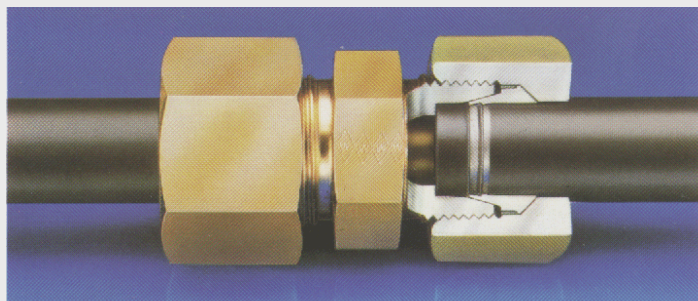


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rychlá montáž hadic pomocí speciálního šroubení



Zásady při montáži a opravách hydraulického potrubí



1. Po svařování trubek je nutno důkladně vyčistit vnitřní prostor trubky od okují.
2. Při ohýbání trubek je nutné dodržet min. poloměr ohybu, alespoň **3 násobek vnějšího průměru trubky**.
3. Zvýšenou pozornost je nutno věnovat šroubení s těsnícími prstýnky - pozor na omačkání trubky a uvolnění prstýnku.

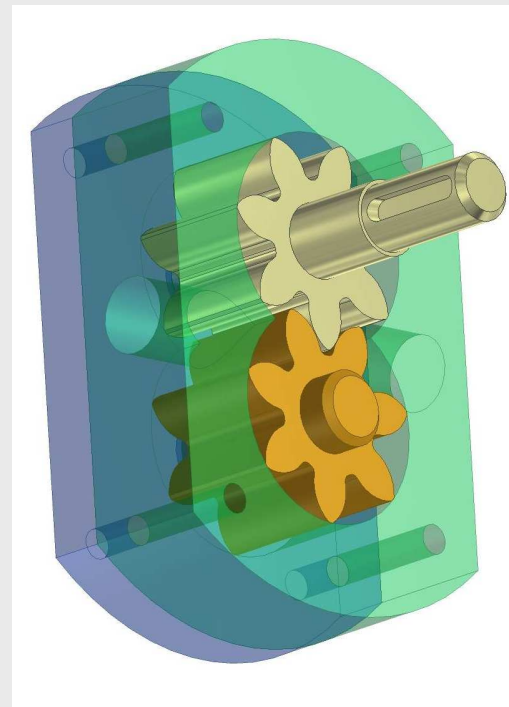
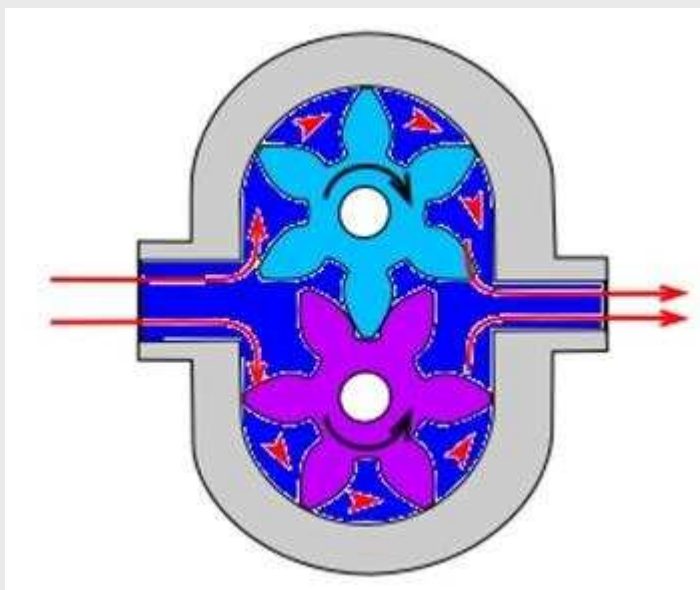


3. Diagnostika technického stavu hydrogenerátorů a hydraulických válců

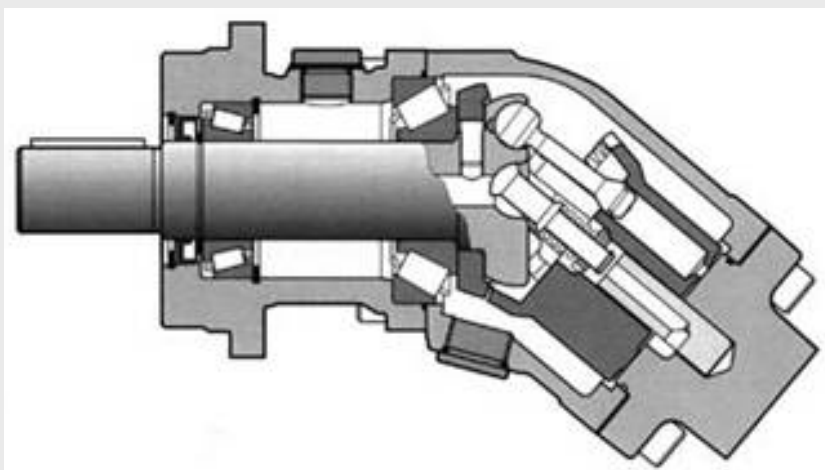


Rotační hydrogenerátory

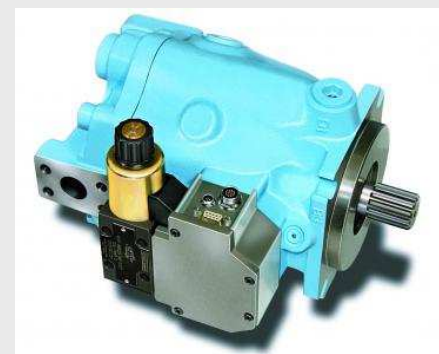
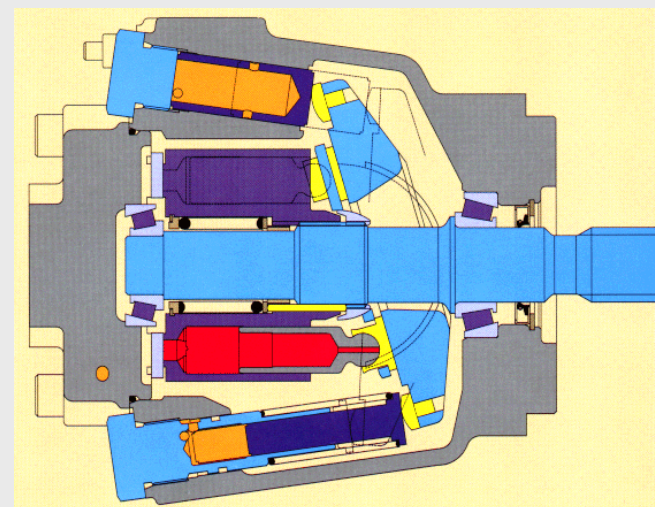
Zubové HG v provozu v podstatě nevyžadují žádnou údržbu - po poruše se vyměňují za nové nebo opravené ve specializovaných opravárnách, při podezření na špatný technický stav je možné využít celou řadu diagnostických metod a prostředků, viz. dále.



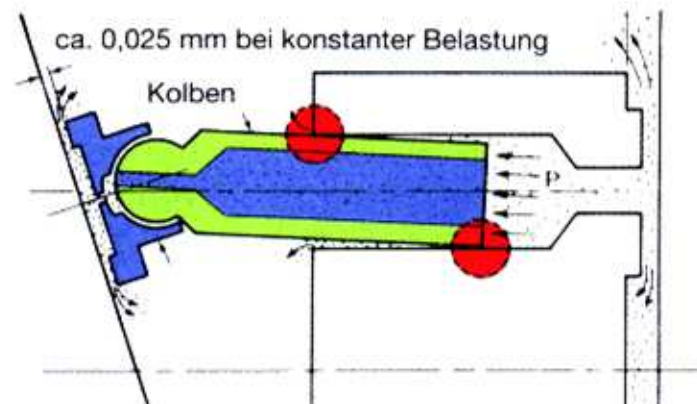
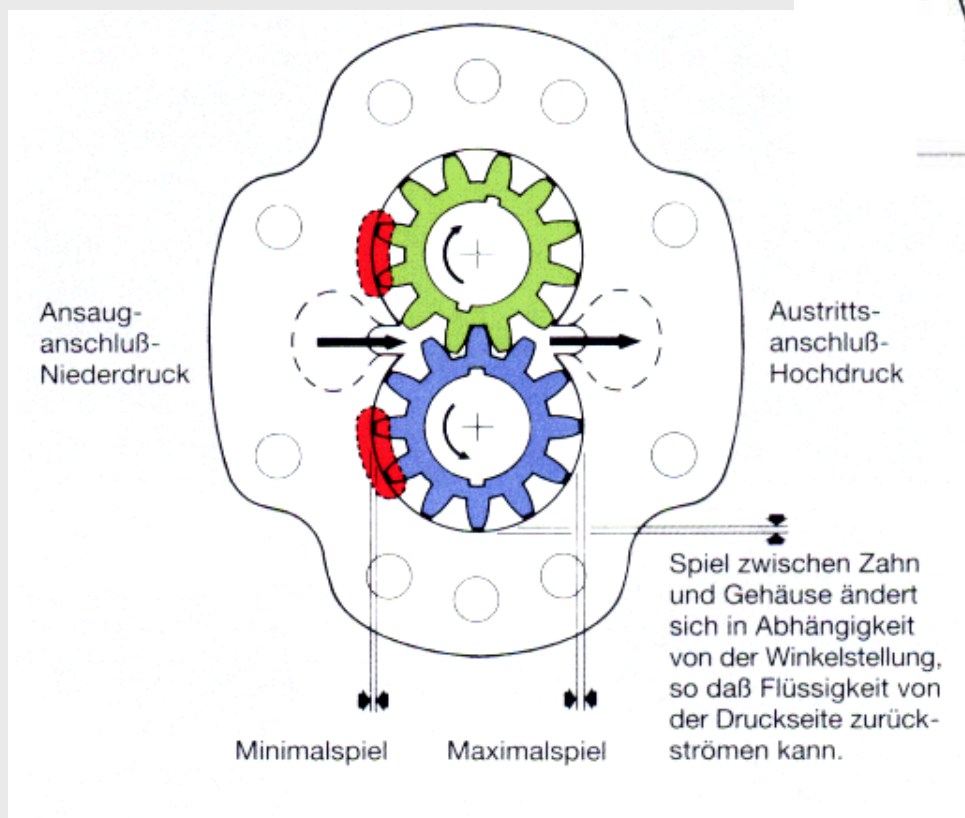
Axiální pístový s nakloněným blokem válců – konstantní geometrický objem



Axiální pístový se šikmou deskou – měnitelný geometrický objem a reverzace průtoku



Místa opotřebení u zubového HG

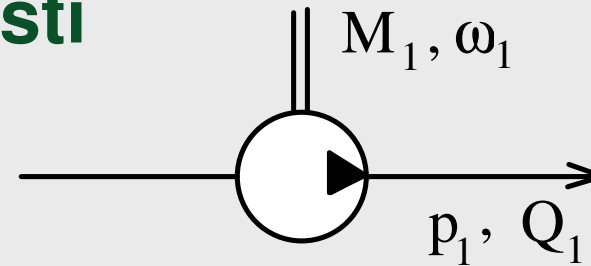


Místa opotřebení u pístového HG



Zjištění technického stavu hydrogenerátoru měřením průtokové účinnosti

Nejdůležitější funkční závislost, dávající přehled o parametrech hydrogenerátoru a jeho technickém stavu je **závislost celkové účinnosti hydrogenerátoru η_c na tlaku p** , při daných (zvolených) otáčkách $n = konst.$

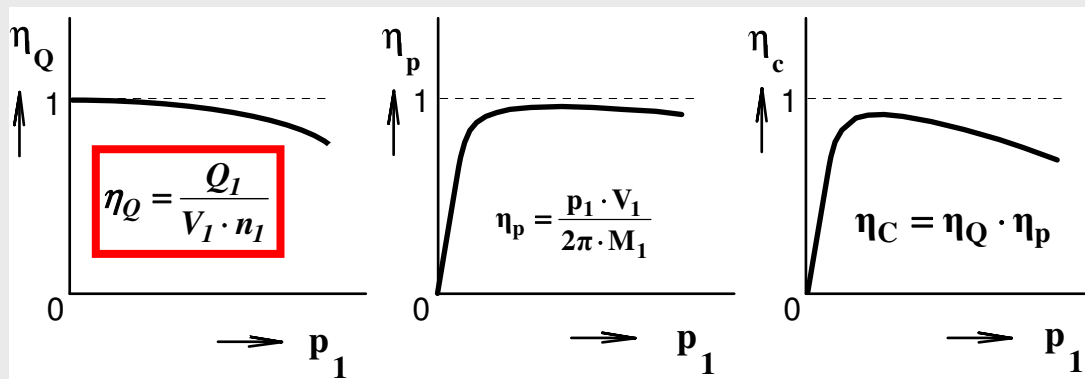


Průtoková účinnost

$$\eta_Q = \frac{Q_1}{Q_t} = \frac{Q_1}{V_1 \cdot n_1} = \frac{Q_1 \cdot 2\pi}{V_1 \cdot \omega_1}$$

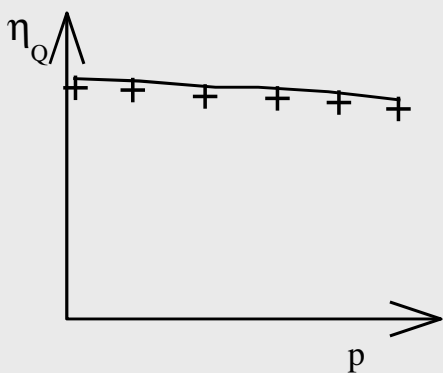
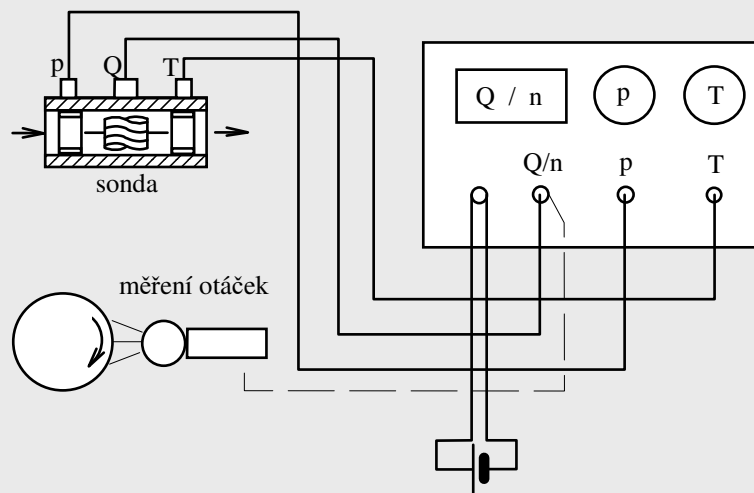
Celková účinnost

$$\eta_C = \frac{P_2}{P_1} = \frac{p_1 \cdot Q_1}{M_1 \cdot \omega_1}$$



Diagnostické přístroje pro zjištění průtokové účinnosti a metodika měření

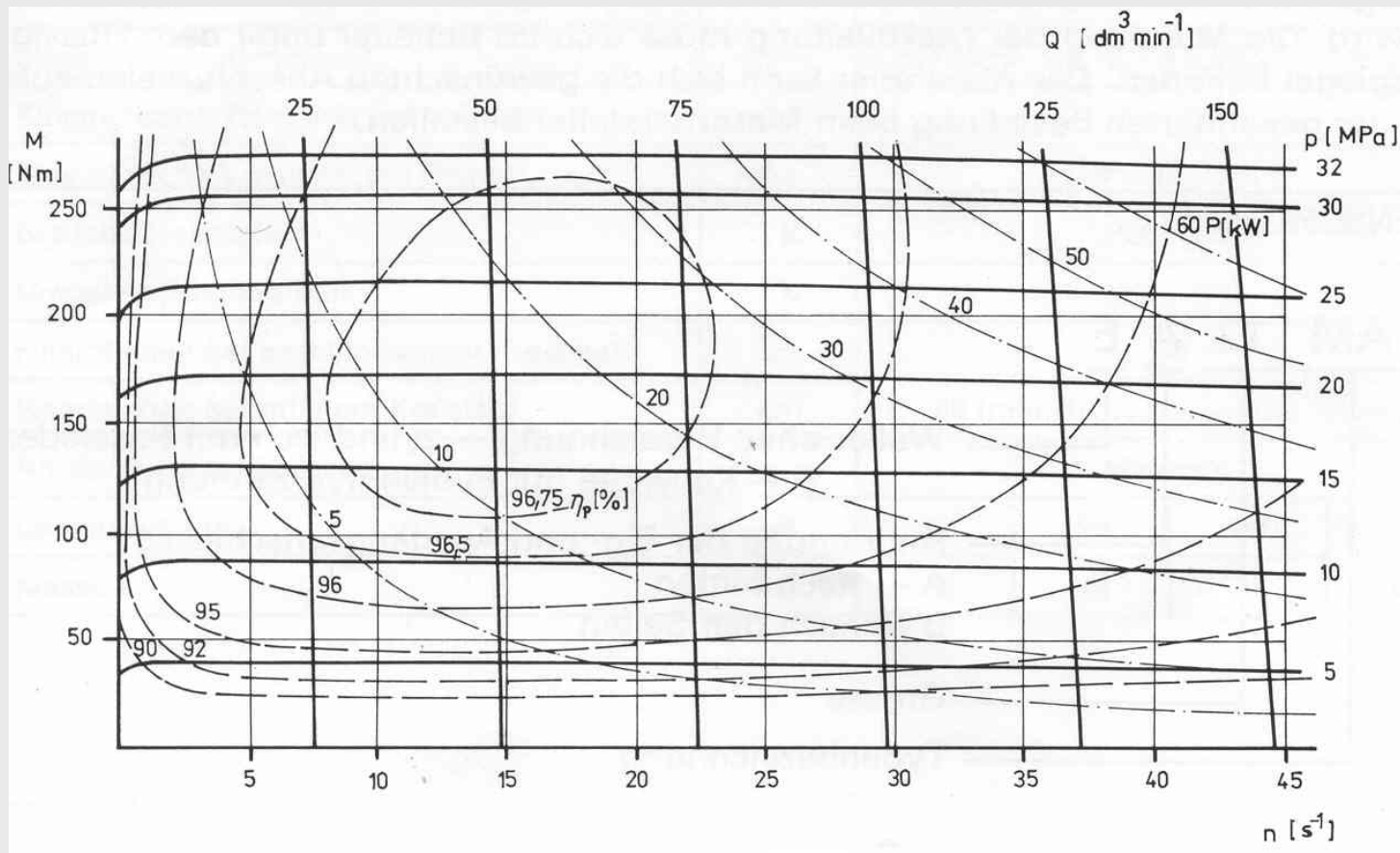
Tester Hydrotechnik



$\eta_Q = Q_1 / (V_1 \cdot n_1)$	$V_1 = \text{konst.} =$	$T =$	
p [MPa]	Q_1 [l/min]	n_1 [min ⁻¹]	η_Q
0			
5			
10			
15			
↓ 20 ↓			



Úplná charakteristika převodníku



Bezdemontážní diagnostika – termodynamická metoda

- Ztráty na hydrogenerátoru (průsaky z tlakového prostoru do svodu) se projevují zvyšováním teploty protékající kapaliny.
- Rozdíl teploty před HG T_1 a za HG T_2 je využíván jako diagnostický parametr.
- Výhodou je snadné měření a poměrně levné snímače.

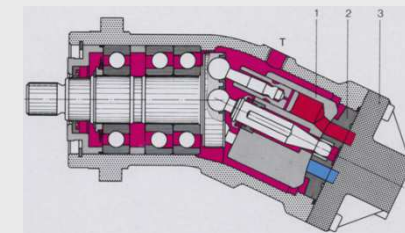
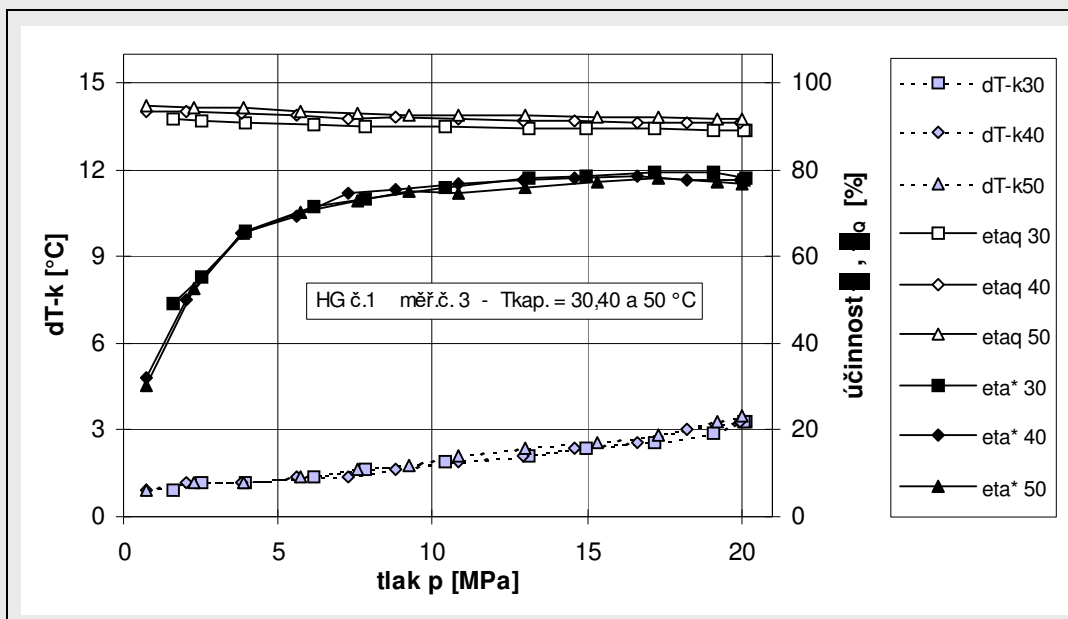
Je třeba znát:

$$\eta_c = \frac{p}{p + c_p \cdot \rho \cdot \Delta T_{21}}$$

c_p ... měrné teplo hydraulického oleje ($2000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$)

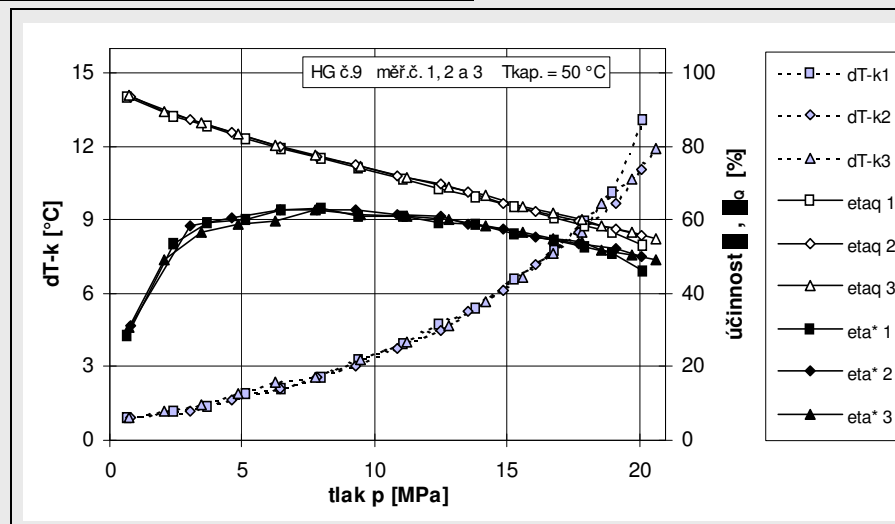
ρ ... hustota oleje (900 kg.m^{-3})





HG v dobrém
technickém
stavu

Značně
opotřebený
HG

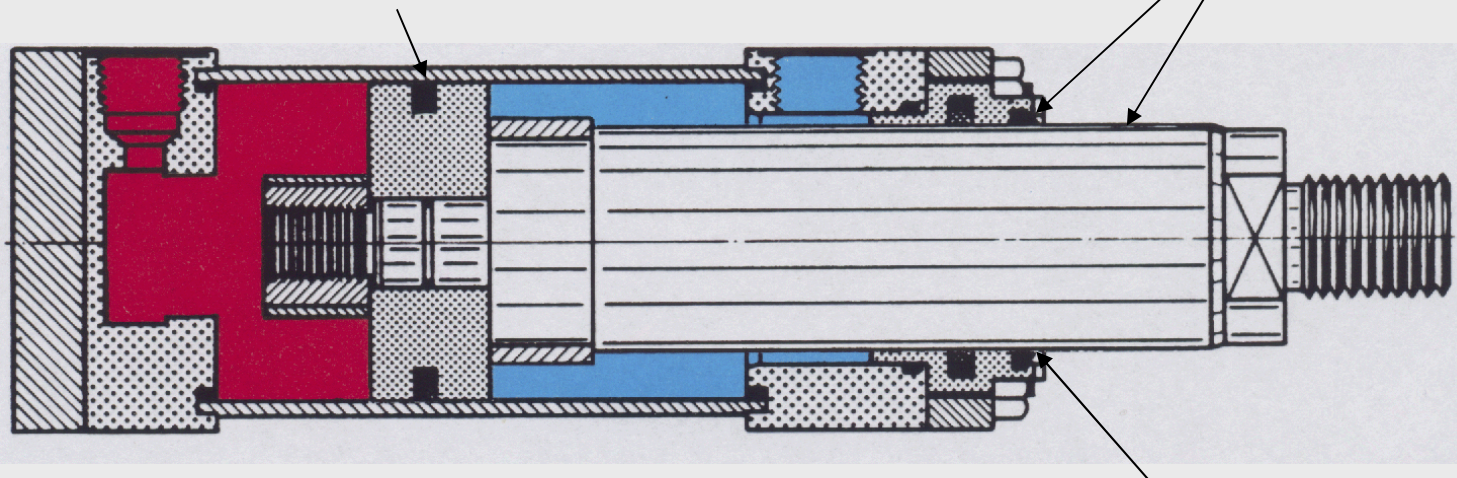


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Přímočaré hydromotory – hydraulické válce

Poškození těsnících manžet (kroužků) se projeví při zvýšeném zatížení zpomalením pohybu pístnice.

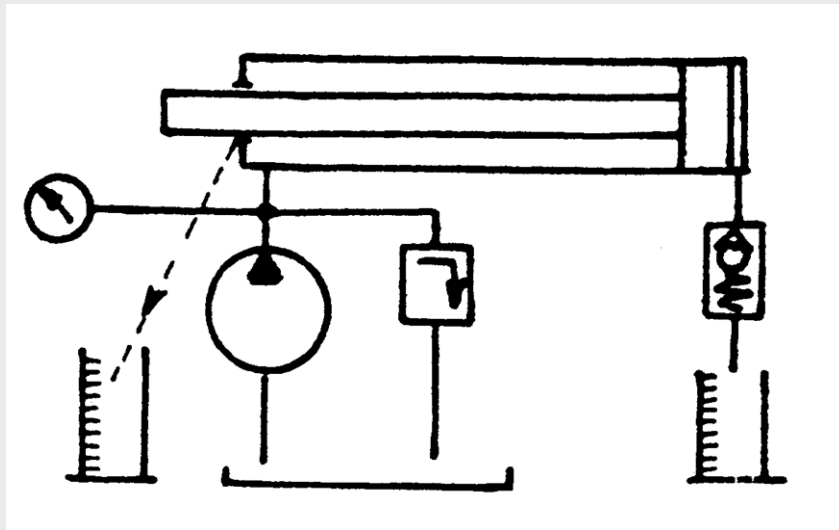
Dbát na čistotu pístnice → poškrábání chromovaného povrchu a poškození stírací manžety



Poškození těsnící manžety ve víku → úniky kapaliny z válce → ekologie



Kontrola těsnosti hydraulického válce



Zkouškou těsnosti hydraulického válce se dozvíme o vnitřních průsacích (netěsnost manžet na pístu), ale i o vnějších průsacích kolem těsnících manžet.

- Zkoušku je možné provádět přímo na stroji, dovolené průsaky jsou udávány výrobcí pro konkrétní typ HM, pohybují se řádově v desetinách cm^3/min .
- Je třeba si ale uvědomit, že takto získané průsaky odpovídají statické pevnosti a jsou asi poloviční než průsaky, které bychom naměřili za pohybu.



4. Péče o hydraulické kapaliny



Hydraulická kapalina = nositel energie

- Je jedním z rozhodujících prvků hydraulického obvodu.
- Její vlastnosti a kvalita do značné míry ovlivňují spolehlivost a životnost hydraulického mechanismu.

Plní další funkce :

- maže pohyblivé části hydraulických prvků,
- chrání proti korozi,
- odvádí nečistoty, otěr, vodu, vzduch a ztrátové teplo.



Provozní požadavky na hydraulickou kapalinu

- malá závislost viskozity na změně teploty a tlaku,
- dobrá mazací schopnost a malá pěnivost,
- neutralita vůči použitým těsnícím materiálům,
- korozivzdornost,
- provozní stálost (odolnost kapaliny vůči stárnutí),
- minimální obsah nečistot,
- hygienická nezávadnost,
- dostupnost a přijatelná cena.

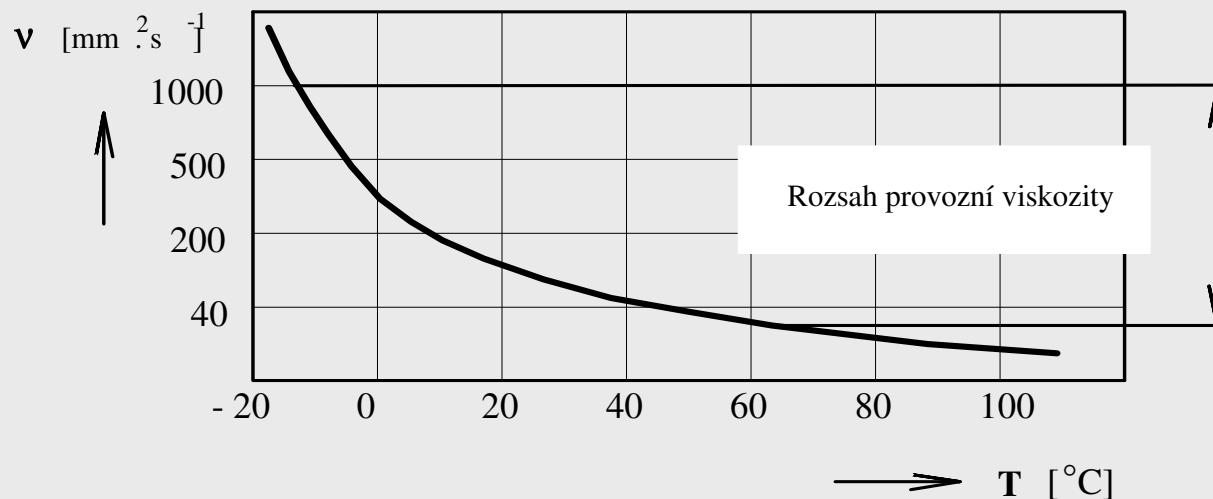


Požadavky na viskozitu

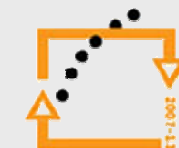
- Viskozita se výrazně mění s teplotou (exponenciálně) a její základní hodnota se udává zpravidla při 40°C .

$$\nu_T = \nu_1 \cdot e^{-\alpha (T_T - T_1)}$$

- Požadovaný rozsah kinematické viskozity** minerálních olejů používaných v hydraulických mechanismech je obvykle v rozsahu od **$20 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$** do **$1000 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$** (cSt)



kde ν_T ... zjišťovaná viskozita kapaliny při teplotě T_T , ν_1 ... viskozita kapaliny při teplotě T_1 ,
 α ... konstanta pro danou hydraulickou kapalinu.



Stlačitelnost hydraulické kapaliny

- Objemová stlačitelnost β hydraulických kapalin je zvláště důležitá u vysokotlakých hydraulických soustav = vliv na dynamické vlastnosti.
- Pro hydraulická zařízení, u kterých je použit standardní minerální olej, lze pro předběžné výpočty předpokládat zmenšení původního objemu asi o **0,5%** na každých **7 MPa** v rozsahu běžně používaných tlaků.
- V běžném provozu se obvykle u dobře navrženého obvodu neprojevuje negativně.

Hodnoty součinitele obj. stlačitelnosti a m. pružnosti $\beta = f(p)$ a $E_k = f(p)$ při teplotě 20°C

p [MPa]	0,1	2	5	7,5	10	15
β [Pa ⁻¹] · 10 ⁻¹¹	75	70	67	64	62	56
E_k [MPa]	1333	1429	1493	1563	1613	1786

$$\Delta V = \beta \cdot V \cdot \Delta p = \frac{1}{E_k} \cdot V \cdot \Delta p = C \cdot \Delta p$$



Požadavky na bod tuhnutí

- **Bod tuhnutí** je teplota, při níž hydraulická kapalina ztrácí svou tekutost a hydraulický obvod přestává fungovat.
- Běžné minerální oleje tuhnou při teplotě **-5** až **-10 °C**. Hydraulické minerální oleje pro střední, až velmi těžké podmínky dosahují bodu tuhnutí až do **-40 °C**.
- V zimním období je vhodné u některé pilařské techniky (rámové nebo pásové pily) používat nízkotuhnoucí oleje s bodem tuhnutí až do **-50 °C**.



Požadavky na čistotu hydraulických kapalin

Největším nebezpečím pro hydraulické kapaliny a prvky hydraulického obvodu jsou:

➤ ***mechanické nečistoty***

➤ ***voda***

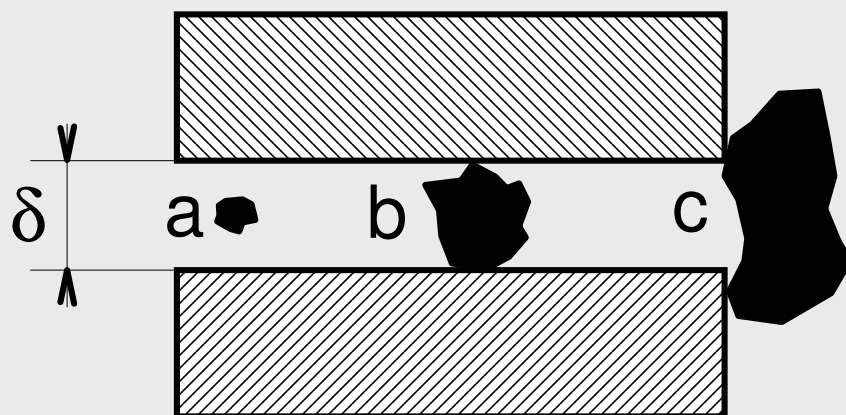


Zdroje nečistot v hydraulických obvodech

- a) **Nečistoty primární** - nečistoty z nádrže, potrubí, hydraulických prvků, hydraulické kapaliny; typickými nečistotami tohoto druhu jsou otřepy a třísky vzniklé při montáži šroubení, přetoky pryžových dílců, prach, písek, vlákna z čistících prostředků, okuje ze sváření, barvy, rozpouštědla, zbytky proplachovací kapaliny apod.
- b) **Nečistoty z okolí** - nečistoty vniklé dovnitř soustavy z okolí po povrchu pístnice, nebo nedostatečně těsným plnicím, popř. odvzdušňovacím otvorem nádrže (písek, prach, mikroorganismy).
- c) **Nečistoty vzniklé v obvodu** - nečistoty vzniklé cirkulací hydraulické kapaliny nebo provozem jednotlivých prvků; jsou to produkty koroze, eroze a opotřebení.
- d) **Nečistoty vzniklé z hydraulické kapaliny** - nečistoty vzniklé samovolným vypadnutím aditiv z oleje, polymery vzniklé interakcí mezi aditivy, pryskyřice a laky vzniklé chemickými změnami působením tlaku, teploty a mikroorganismů.



Největší nebezpečí z hlediska opotřebení představují pevné nečistoty o rozměru stejném jako vůle mezi součástmi prvků



δ - kritická vůle

a - částice $<$ δ

b - částice $=$ δ

c - částice $>$ δ



Voda v hydraulickém oleji

Voda je v minerálních olejích stejně nebezpečná jako mechanické nečistoty.

Vzhledem ke své afinitě k jiným kapalinám je v hydraulických obvodech vždy přítomna a to v některé z následujících forem :

- rozpuštěná,
- ve formě emulze,
- ve formě kondenzátu.



Voda má vliv na

Hydraulický olej:

- Urychluje oxidaci - vytváří částice oxidů, pryskyřice a kaly.
- Zvyšuje vodivost kapaliny - vytváří emulze a podporuje růst mikroorganismů.

Hydraulický obvod:

- Způsobuje korozi.
- Při ochladnutí kapaliny pod bod mrazu, dochází k vypadávání vody ve formě kapek, které mrznou v krystaly - cirkulací kapaliny pak může dojít k ucpání ventilů a filtrů.
- Reakční produkty vody a aditiv tvoří dlouhé řetězce, které obalují malá šoupátka, štěrbinu a urychlují ucpávání ventilů.



Klasifikace znečištění „Kód čistoty“ podle normy ISO 4406

Počet částic v 1ml kapaliny		KÓD ČISTOTY
Více než	Až do	
2 500 000		> 28
1 300 000	2 500 000	28
640 000	1 300 000	27
320 000	640 000	26
160 000	320 000	25
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
2.50	5	9
1.30	2.50	8
0.64	1.30	7
0.32	0.64	6
0.16	0.32	5
0.08	0.16	4
0.04	0.08	3
0.02	0.04	2
0.01	0.02	1
0.00	0.01	0

Většina počítačů částic kalibrovaných podle ISO 4402 hodnotí čistotu hydraulických kapalin 3-číselným kódem

>2 μm , >5 μm a >15 μm .

Například kód **17/15/12** reprezentuje počet částic (640 až 1300 částic) >2 μm , (160 až 320 částic) >5 μm ,

(20 až 40 částic) >15 μm .

Revidovaná norma ISO 4406.2:1999 definuje čistotu kapalin tří číselným kódem částic >4 $\mu\text{m(c)}$, >6 $\mu\text{m(c)}$ a >14 $\mu\text{m(c)}$.



Doporučené kódy čistoty

20 000	22		22	20 000
10 000	21		21	10 000
5 000	20		20	5 000
2 500	19	1	19	2 500
1 300	18		18	1 300
640	17	2	17	640
500	16		16	500
320	15	3	15	320
160	14		14	160
100	13	4	13	100
50	12		12	50
20	11	5	11	20
10	10		10	10
5	9	6	9	5
2,5	8		8	2,5
1	7		7	1
0,5	6		6	0,5
0,32	5		5	0,32
0,1	4		4	0,1
0,05	3		3	0,05
0,02	2		2	0,02
0,01	1		1	0,01

> 5 μm

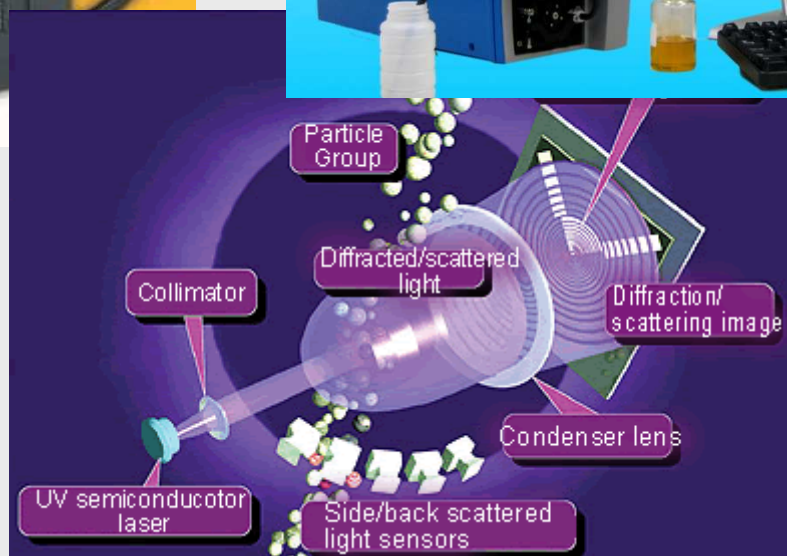
> 15 μm

- 1) Nízkotlaké systémy s velkými tolerancemi;
- 2) Nízkotlaké systémy u těžkých strojů a systémů, u kterých životnost nehraje rozhodující úlohu;
- 3) Všeobecné strojírenství a mobilní technika, střední tlaky a velikost;
- 4) Všeobecné strojírenství a mobilní technika s vysokými nároky na spolehlivost systému a kvalitu;
- 5) Výkonové servosystémy a vysokotlaké systémy s dlouhodobou životností, např. letecká technika, obráběcí stroje apod.;
- 6) Řídicí systémy citlivé na znečištění s vysokou provozní spolehlivostí, laboratorní technika, letecká a raketová technika;
- 7) Nejhorší stupeň čistoty u nových olejových náplní (obvykle se předpokládá 18/15).

Podle (ČSN 65 62 06)



Provozní diagnostika znečištění hydraulických kapalin – automatické počítací částic

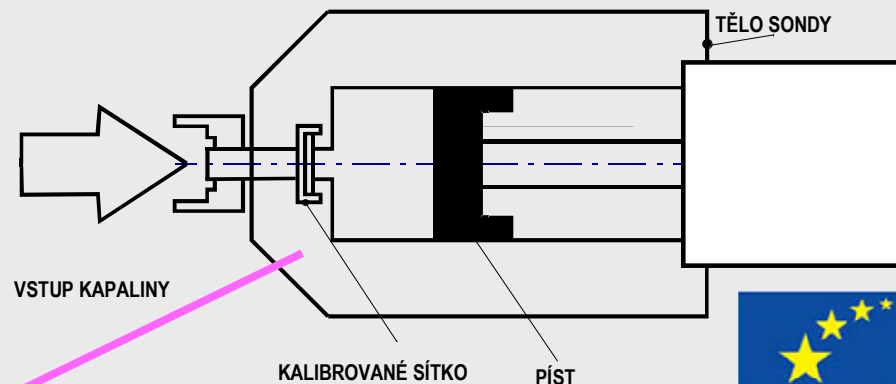
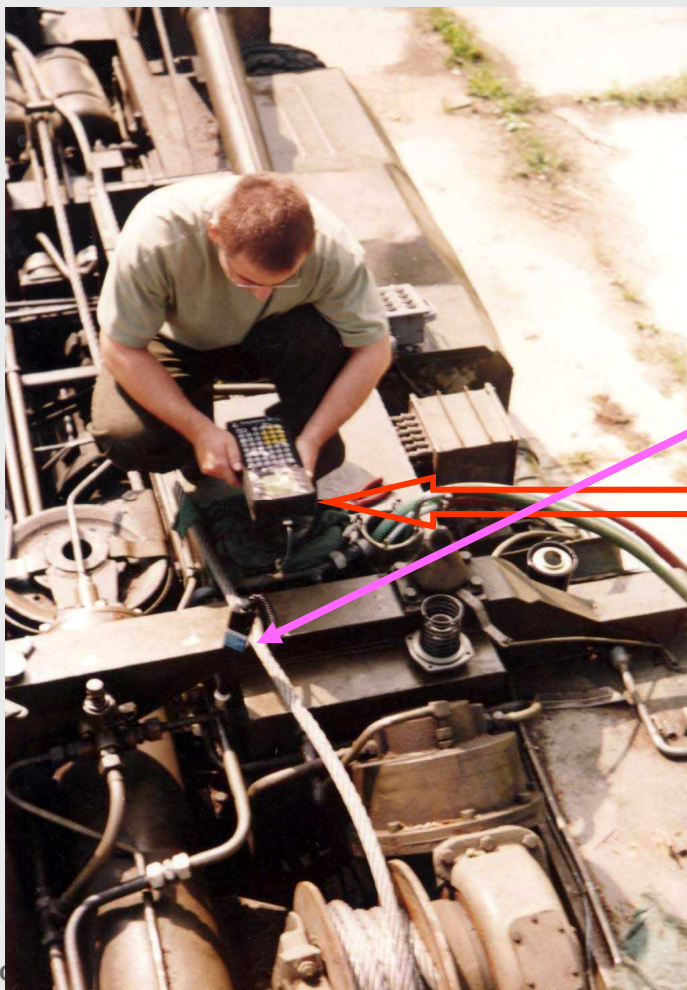


Odběry vzorků oleje

- **Statické vzorkování** se provádí z kapaliny, která je v klidu, např. z nádrže. Před tím je však nutno hydraulický obvod provozovat, aby došlo k promíchání kapaliny a k omezení vlivu nerovnoměrné vertikální a horizontální koncentrace částic. Statický odběr se provádí vzorkovači do speciálních vzorkovnic.
- **Dynamické vzorkování** se provádí z kapaliny, která proudí daným místem v obvodu. K dynamickému odběru vzorku jsou vhodná místa (kohouty, rychlospojky - turbulentní proudění vytváří optimální podmínky pro získání reprezentativního vzorku ze soustavy) v odpadním potrubí nejlépe před zpětnými filtry.



Monitorování znečištění hydraulické kapaliny



přenosný počítač částic digital Contam-Alert (dCA- Diagnostics)

Výhody:

- výsledek známe během několika sekund - max. 3 minut.
- nevznikají přídavné chyby v měření (odpadají vzorkovnice)



VÝSLEDKY:

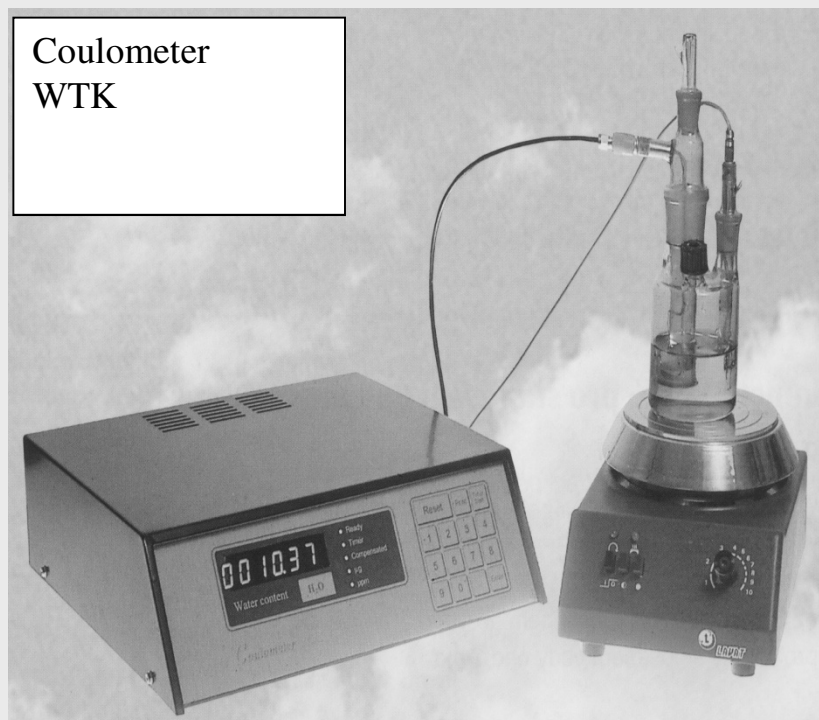
Monitorování znečištění hydraulického systému automobilu mostního AM-50

Testovaný parametr	Statické vzorkování	Dynamické vzorkování
ISO Code	22/19	21/19
NAS Code	12	12
Number of Particles >5 μm	21579	19746
Number of Particles >10 μm	9342	8725
Number of Particles >15 μm	5741	5346
Number of Particles >25 μm	843	802
Number of Particles >30 μm	381	395
Number of Particles >40 μm	182	163
Number of Particles >50 μm	86	79
Number of Ferro-particles	0	0
Water	2 500 ppm	2 500 ppm

Jak je vidět z naměřených výsledků - hydraulický olej byl značně znečištěn - povolená hranice pro středotlaké systémy je ISO kód 18/15! Max. povolený obsah vody je 500 ppm.



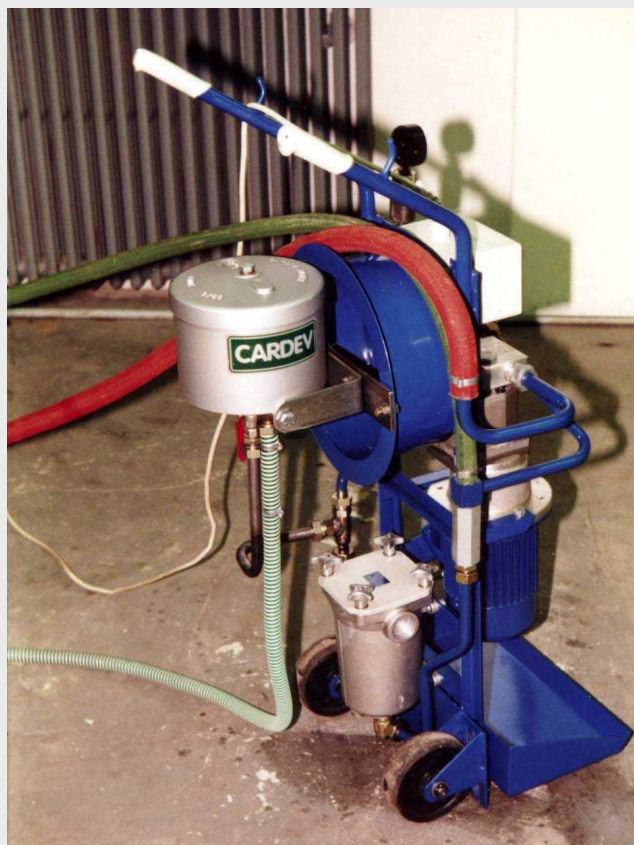
Zjišťování obsahu vody



Obsah vody byl zjištěn
potenciometrickou titrací
metodou podle Karla
Fischera, dle
ČSN 65 0330
Coulometrická metoda -
jód reaguje s vodou -
diagnostickým signálem
je zbylý jód v nádobce.



Nápravná opatření



- Olejová náplň AM 50 (cca 250l) byla podrobena dodatkové filtraci s jemností filtrace 5 μ m.
- Současně byla z oleje odstraňována kondenzovaná voda pomocí speciálního filtru z buničiny (filtr Cardev s vložkou Super Duty Filter Cartridge 1888).



Děkuji za pozornost

