

# VÁKUOVÉ A AUTONÓMNE FILTRAČNÉ TECHNOLOGIE V PROCESOCH STAROSTLIVOSTI O OLEJOVÉ NÁPLNE

Igor UBREŽI

## Anotácia

V súčasnom priemyselnom prostredí zohrávajú kľúčovú úlohu efektívne metódy údržby a spracovania olejov. Vákuová filtrácia využíva rozdiely v tlaku na odstránenie nečistôt a vody z oleja, čím zvyšuje jeho životnosť a znižuje opotrebenie strojov. Autonómne filtračné systémy integrujú pokročilé monitorovacie a regulačné mechanizmy, ktoré umožňujú efektívnu filtráciu bez potreby neustáleho dohľadu. Tieto technológie sa stávajú neoceniteľnými v rámci udržateľných pracovných postupov, poskytujúc užívateľom možnosť zvýšiť efektivitu, znižovať náklady a minimalizovať environmentálny dopad ich činností. Osveta o týchto technológiách otvára dvere k novým možnostiam v oblasti predlžovania životnosti olejov a optimalizácie priemyselných procesov.

**Kľúčové slová:** vákuová filtrácia olejov, inteligentný real-time monitoring, regenerácia olejov

## Kontaminácia olejov pri prevádzkovaní technologických zariadení

### Základné druhy kontaminácie

Pri používaní olejov v prevádzkovaných zariadeniach dochádza k ich kontaminácii. Tento proces je prirodzený a závisí prevádzkových podmienok zariadení. Medzi základné kontaminanty patria: pevné častice, kvapaliny, mazadlá a plyny. Mechanické pevné častice rozdeľujeme podľa pôvodu na kovové a nekovové. Častice kovového charakteru sú pôvodom feromagnetické (kovové), neželezné kovy a zliatiny kovov.

Mechanické nečistoty nekovového pôvodu sú plasty, guma, celulóza, bavlna, piesok, prach, kremičitany, atď. Medzi mechanické nečistoty zaraďujeme aj pevné látky vznikajúce starnutím oleja, oxidáciou, degradáciou vplyvom miestneho lokálneho prehratia ako sú mäkké kaly, živice, laky a úsady. Medzi kvapaliny kontaminujúce oleje patrí najčastejšie voda a chladiace emulzie z procesov. Voda a vlhkosť je najnebezpečnejším kontaminantom! Ďalšími kvapalinami sú rozpúšťadlá, riedidlá a palivo. Olej kontaminujú aj mazadlá ktoré vnikajú do leja pri lisovaní kovových dielov a pod.. Plyny patria k vyznaným a nebezpečným kontaminantom olejov, hlavne uhľovodíky, amoniak, výfukové plyny a vzduch.

## Filtrácia olejov

### Filtrácia

Medzi najčastejšie používané spôsoby na odstránenie kontaminácie patrí filtrácia. Filtrácia je proces separovania jednej substancie od druhej, pri ktorom sa využíva zariadenie nazývané filter. Rozdelenie filtrov z hľadiska ich umiestnenia v hydraulickom obvode na primárne a sekundárne. Medzi primárne filtre patria: plniace hrdlá a sitá, sacie filtre, tlakové filtre, odpadové alebo vratné filtre a odvetrávacie (dýchacie filtre) . Medzi sekundárne filtre patria magnetické filtre, odstredivé filtre, obtokové by-passové filtre a iné. Funkcie primárnych filtrov v systéme sú: chránia systém pred veľkými náhodnými

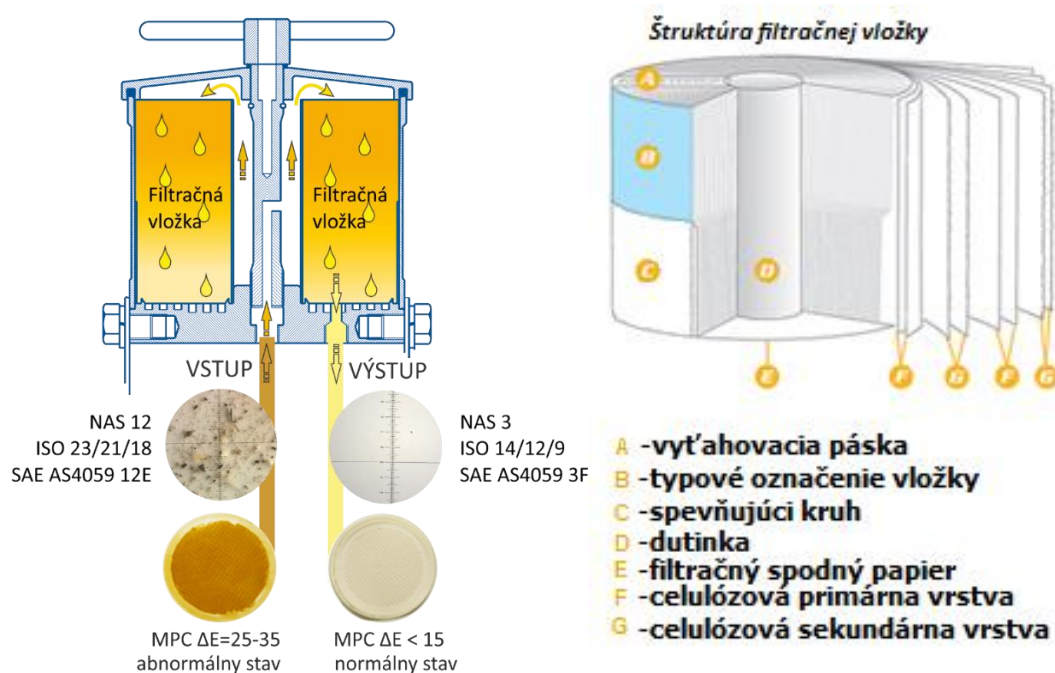
časticami, priebežne ošetrojú olejovú náplň, v krátkom čase musia prefiltrovať veľké množstvo oleja pri vysokých tlakoch odstraňujú mikročastice nad 25 mikrónov v jednom prietoku, eliminujú vzdušnú vlhkosť a mechanické znečistenie prachom. Funkcie sekundárnych filtrov sú: pri pomerne malých prietokoch a nízkych tlakoch zbavujú hydraulické kvapaliny kontaminantov, odstraňujú mikročastice od 1 mikróna, dlhodobo odstraňujú kontaminanty kovového a nekovového pôvodu, odstraňujú vodu a vlhkosť, odstraňujú mäkké kaly, laky a úsady, môžu filtrovať aj keď je systém v pokoji a tým dokážu zabezpečiť stálu hladinu kontaminácie.

### Hĺbková mikrofiltrácia

Najúčinnejším spôsobom odstránenia mechanických nečistôt a vody z oleja je hĺbková mikrofiltrácia cez vrstvenú vinutú celulóзовú filtračnú vložku. Vinutá celulóзовá filtračná vložka počas prietoku spoľahlivo odstraňuje mechanické nečistoty, vodu a mäkké kaly – úsady. Filtračná vložka žiadnym spôsobom nepoškodzuje olej a neznižuje jeho kvalitu.

### Offline by-pass filtrácia

Obtokový spôsob filtrácie olejov tzv. by-pass (off-line) je ideálnym princípom a mechanizmom filtrácie olejov s filtračnou schopnosťou  $\geq 1\mu\text{m}$ , ktorý pracuje pri nízkom prietoku a tlaku ( max. 5,5 Bar.)



**Obrázok č.1** Princíp obtokovej (by-pass) filtrácie ECOFIL® (zdroj: ECOFIL®)

### Čo dokáže vákuová filtračná technológia ECOFIL®!

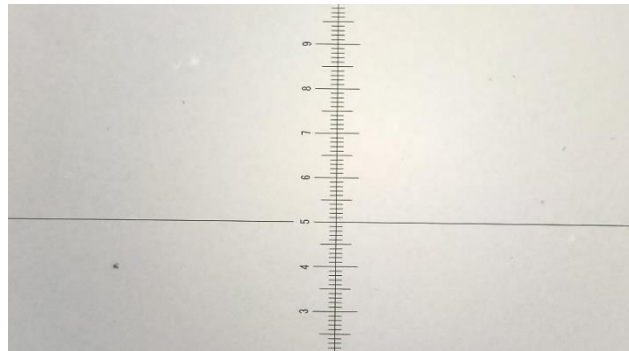
Priemyselné typy olejov vhodné na ošetrovanie vákuovou filtračnou technológiou sú turbínové, transformátorové, kompresorové, hydraulické a lubrikačné.

Vákuovou filtračnou technológiou ECOFIL vykonávame odstránenie pevných častíc väčších ako  $1\mu\text{m}$ , odstránenie produktov starnutia oleja (mäkké kaly), odstránenie vody pod 2 ppm (2 mg / liter), zvýšenie prierného napätia  $> 80\text{ kV} / 2,5\text{ mm}$ , zníženie čísla kyslosti TAN až na 0,01 mgKOH/g, zvýšenie medzipovrchového napätia IFT  $> 40\text{ mN/m}$  (krúžková metóda), zvýšenie odporu  $> 300$ , zníženie silového faktoru  $< \%$ , zmenu farby na svetlú 0-1 podľa ASTM 1500 a odstránenie plynov – degassing do 0,1%

## Odstránenie pevných častíc



**Obrázok č.2:** Pred filtráciou, NAS1638 č.12  
ISO 4406 č. 23/21/18

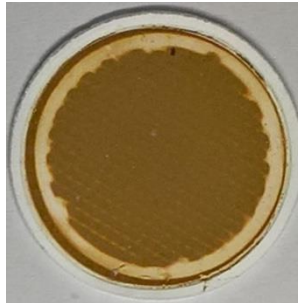


**Obrázok č.3:** Po filtrácii, NAS1638 č.3  
ISO 4406 č. 14/12/9 (zdroj:ECOFIL®)

## Odstránenie mäkkých kalov (úsad, živíc)



**Obrázok č. 4:** Pred filtráciou



**Obrázok č. 5:** Po filtrácii 6 hod.  
(zdroj: ECOFIL®)



**Obrázok č. 6:** Po filtrácii 48 hod.  
(zdroj: ECOFIL®)

## Regenerácia transformátorových olejov



**Obrázok č. 7:** Pred filtráciou Po filtrácii Po regenerácii (zdroj: ECOFIL®)

## Vákuové filtračné technológie ECOFIL®

Vákuové filtračné technológie ECOFIL® predstavujú kľúčový prvok v procesoch údržby a starostlivosti o olejové náplne, ktoré sa používajú v širokej škále priemyselných aplikácií – od transformátorových olejov až po hydraulické systémy. Vákuové technológie hrajú nezastupiteľnú úlohu v ochrane a predĺžení životnosti olejových náplní, a tým aj samotných zariadení.

## Princíp vákuového filtrovania

Vákuové filtračné technológie využívajú hlboké vákuum na odstránenie vlhkosti, plynov, nečistôt a iných kontaminantov z olejových náplní. Proces začína tým, že olej je nasávaný do filtračného systému, kde je následne nastrekovaný do vákua. Hlboké vákuum znižuje bod varu vody a umožňuje tak efektívnejšie odstránenie vlhkosti z oleja. Odparená voda a vlhkosť je odsávaná prostredníctvom vývevy do medzichladiča, kde je kondenzovaná a následne zhromažďovaná v zásobníku. Zároveň pevné častice a nečistoty sú filtrované filtračnými vložkami princípom mikrofiltrácie.



Foto č. 1 Meranie vákua s vizualizáciou teploty odparovania vody (zdroj: ECOFIL®)

## Význam vákuového filtrovania

Čistota a kvalita olejových náplní sú kritické pre spoľahlivú a bezpečnú prevádzku technologických zariadení. Kontaminácia olejov vedie k zlyhaniu technologických zariadení, zvýšenému opotrebovaniu a k vážnym poruchám. Vákuové filtračné technológie ECOFIL® zaisťujú, že olejové náplne zostávajú v optimálnom stave, čím sa predchádza drahým opravám, výmene olejových náplní a výmene drahých náhradných dielov.

## Aplikácie

Vákuové filtračné systémy aplikujú v mnohých odvetviach, vrátane energetiky, výroby, ťažby a dopravy. Sú neoceniteľné pri údržbe:

- transformátorových olejov,
- turbínových olejov,
- kompresorových olejov,
- hydraulických olejov,
- lubrikačných olejov v priemyselných zariadeniach,
- regenerácia olejov

## Autonómne vákuové filtračné systémy

Autonómne vákuové filtračné systémy sú typy filtračných technológií, ktoré sú navrhnuté tak, aby mohli fungovať nezávisle alebo s minimálnym ľudským zásahom.

### Hlavné vlastnosti autonómnych filtračných systémov:

- 1. Inteligentný monitoring:** Vákuové filtračné systémy obsahujú senzory a softvérové riešenia na monitorovanie priebehu vákuového filtračného procesu. To im umožňuje automaticky reagovať na zmeny v kvalite filtrácie alebo potreby údržby.
- 2. Automatizovaná regulácia:** Autonómne systémy automaticky upravujú svoje nastavenia alebo operácie na základe získaných údajov z inteligentného monitoringu NEURON®. Napríklad môžu zmeniť

objem prietoku filtrácie, hĺbku vákuu, prevádzkovú teplotu, signalizáciu potreby výmeny filtračných vložiek, atď..

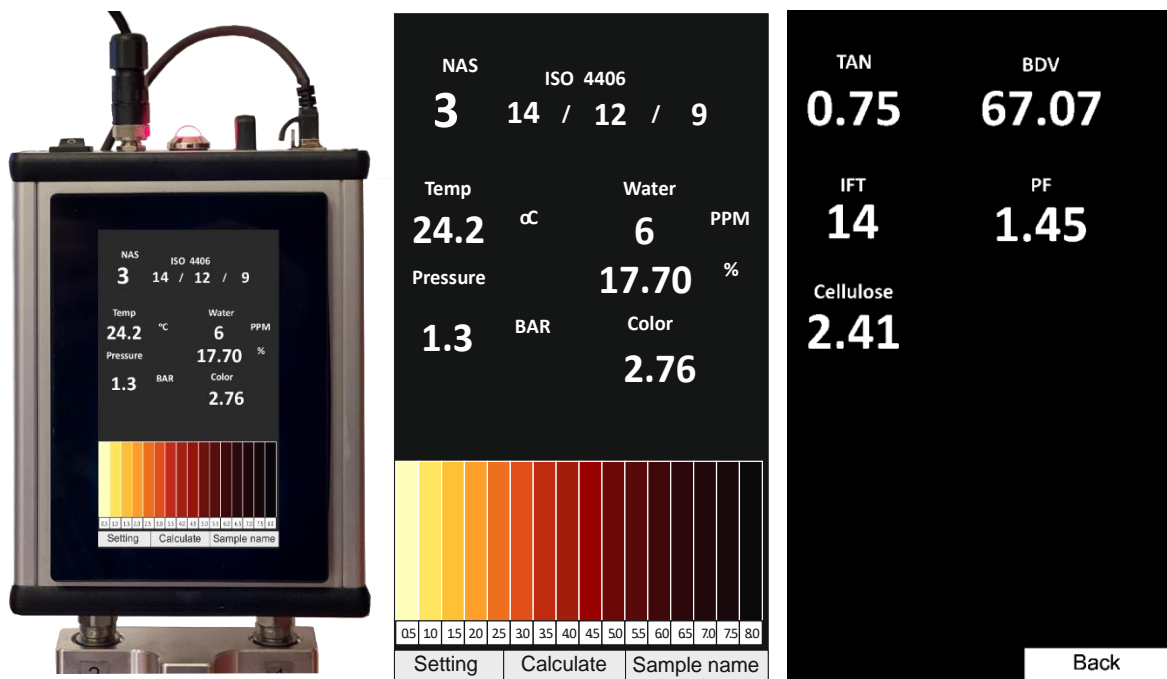
**3. Minimalizácia ľudskej práce:** Cieľom týchto systémov je zníženie potreby ľudskej obsluhy, čo môže znížiť náklady a zvýšiť bezpečnosť v prostrediach, kde je prístup človeka nežiaduci alebo nebezpečný.

**4. Použitie v rôznych oblastiach:** Autonómne vákuové filtračné systémy ECOFIL® sa používajú v aplikáciách v energetike, chemickom priemysle, vo výrobe priemyselných olejov, priemyselnej výrobe, atď..

Autonómne filtračné systémy sú zvyčajne zložitejšie a drahšie v porovnaní s tradičnými systémami kvôli pokročilým technológiám, ktoré vyžadujú. Ich hlavné výhody sú však účinnosť, spoľahlivosť a schopnosť fungovať v náročných alebo nebezpečných prostrediach.

### Inteligentný real-time on-line monitoring priebehu vákuového filtračného procesu NEURON®

Vákuový filtračný proces je nevyhnutné monitorovať, aby bola zabezpečená kvalita a efektivita filtrácie. Pri vákuovej filtrácii real-time monitorujeme obsah mechanických častíc vyjadrenou normou NAS1638 a ISO4406, obsah vody v jednotkách ppm alebo %, obsah mäkkých kalov MPC ΔE, prierazné napätie transformátorového oleja v kV, navlhnutia celulózovej izolácie transformátora v %, farbu oleja 0-8 ASTM D1500, teplotu oleja, tlak systému a hĺbku vákuu spolu s teplotou odparovania vody.



**Foto č.2: Monitoring NEURON®** Vizualizácia parametrov monitoringu filtrácie (zdroj: ECOFIL®)

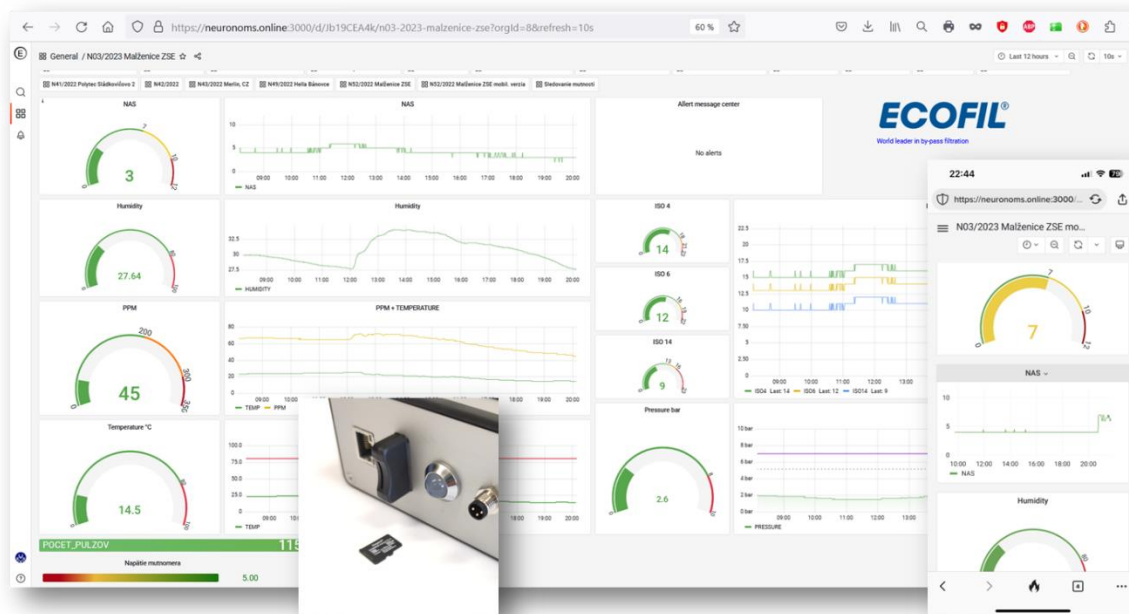
Sledovanie a vyhodnocovanie vyššie uvedených parametrov nám umožňuje presné riadenie procesu a priebehu vákuovej filtrácie. Hlavne dosiahnutie stanovených finálnych parametrov kvality oleja, včasnú výmenu filtračných vložiek, dlhodobú archiváciu nameraných hodnôt, zasielanie výstrah pri abnormálnych hodnotách a pod.. Monitorované parametre môžu byť vizualizované on-line na všetkých operačných systémoch a platformách (Win, iOS, Linux) prostredníctvom smartphonov a webových prehliadačov (Edge, Mozilla, Opera, Chrome a pod.).





**Obrázok č.8:** Operačné systémy    Webový prehliadač    Konektivita (zdroj: ECOFIL®)

Časový priebeh filtrácie je vizualizovaný numericky, prostredníctvom grafov a je personalizovaný podľa požiadaviek užívateľa. Samozrejmosťou je archivácia dát na území EÚ podľa požiadaviek GDPR.



SD karta

**Obrázok č.9:** Vizualizácia monitorovaných dát na doméne [www.neuronoms.online](http://www.neuronoms.online) (zdroj: ECOFIL®)

Zhromažďovanie dát z monitoringu filtrácie umožňujú ďalší vývoj autonómnych riadiacich systémov filtrácie s využitím umelej inteligencie. Prostredníctvom neurónových sietí a strojového učenia už prebieha vývoj monitoringu filtrácie pre autonómne rozhodovanie filtračného zariadenia, ktoré sú poháňané vysoko úspornými ECO BLDC motormi (spotreba 7-14W).

## Výhody vákuového filtrovania

- **Zvýšená prevádzková spoľahlivosť technologických zariadení:** Odstránením kontaminantov a vlhkosti z oleja sa znižuje riziko porúch a predlžuje sa životnosť zariadení.
- **Znížené prevádzkové náklady:** Vákuové filtrovanie znižuje potrebu častých výmen olejov a drahých opráv zariadení.
- **Zvýšená bezpečnosť:** Čisté oleje znižujú riziko požiarov a iných bezpečnostných incidentov spojených s kontamináciou olejov.
- **Environmentálna udržateľnosť:** Recykláciou a regeneráciou olejov prostredníctvom vákuového filtrovania sa znižuje potreba výroby nových olejov a množstvo nebezpečného odpadu.

## Aplikácie vákuových filtračných technológií ECOFIL®



Foto č.5: Parná turbína Siemens



Foto č.6: Hydraulický lis (zdroj: ECOFIL®)



Foto č.7,8: Sušenie kompresorového oleja a príprava nového oleja na plnenie (zdroj: ECOFIL®)



## Záver

Vákuové filtračné technológie predstavujú revolučný krok vpred v procesoch starostlivosti o olejové náplne, ponúkajúc efektívne a spoľahlivé riešenie pre zachovanie čistoty a kvality olejov, ktoré sú životne dôležité pre bezproblémovú a bezpečnú prevádzku mnohých priemyselných zariadení. Vákuovou filtráciou sa nielenže predlžuje životnosť zariadení a znižujú prevádzkové náklady, ale

zároveň sa prispieva k ochrane životného prostredia prostredníctvom zníženia potreby výroby nových olejov, minimalizácie nebezpečného odpadu a produkcii skleníkového plynu CO<sub>2</sub>.

Vákuové filtrovanie je nielen technicky pokročilé, ale aj ekonomicky výhodné, čo umožňuje podnikom udržať si ich zariadenia v optimálnom stave bez potreby častých výmen olejov a drahých opráv. Tento proces predstavuje kľúčový prvok v stratégii údržby a starostlivosti o zariadenia, ktorý zvyšuje ich spoľahlivosť a bezpečnosť pri zachovaní vysokých štandardov environmentálnej udržateľnosti.

Zhrnutie toho všetkého, vákuové filtračné technológie v procesoch starostlivosti o olejové náplne sú neoceniteľným prínosom pre moderný priemysel, umožňujúc užívateľom efektívne riadiť kvalitu ich olejových náplní a zároveň podporovať ekologické a ekonomické ciele. Vďaka ich schopnosti znižovať riziká a zlepšovať výkonnosť predstavujú tieto technológie nenahraditeľný nástroj v rukách tých, ktorí sa zameriavajú na maximalizáciu životnosti, efektivity svojich zariadení a ochrane životného prostredia.

**Autor:**

Ing. Igor Ubreži  
Chief Sales Officer  
ECOFIL, spol. s r.o.  
Okružná 6001  
Michalovce  
Slovensko  
Tel.:+421905518887, e-mail: [ubrezi@ecofil.sk](mailto:ubrezi@ecofil.sk), [info@ecofil.sk](mailto:info@ecofil.sk)