

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Zpracování dat z tribotechnického klasifikátoru částic LNF
pomocí tabulkového procesoru MS Excel**

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Aleš

Student: David Marčev

PRAHA 2010

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze	Fakulta: Technická
Katedra: jakosti a spolehlivosti strojů	Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **David Marčev**

Studijní obor: Silniční a městská automobilová doprava

Název práce: Zpracování dat z tribotechnického klasifikátoru částic LNF pomocí tabulkového procesoru MS Excel

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Navrhnout a zrealizovat uživatelské prostředí pro zpracování dat z tribotechnického klasifikátoru částic LNF pomocí tabulkového procesoru MS Excel.

Osnova práce:

1. Úvod
2. Popis datového výstupu z originálního software LNF
3. Návrh vlastního uživatelského prostředí
4. Realizace aplikace pro zpracování dat
5. Závěr

Metodika práce:

Vyhledání a studium odborné literatury. Úkolem studenta bude navrhnout a realizovat uživatelské prostředí pro zpracování dat, získaných z tribotechnických analýz, využitím klasifikátoru částic LNF. Seznámení s pokyny Technické fakulty pro vypracování a odevzdání bakalářské práce. Průběžné konzultace s vedoucím práce. Vypracování čístopisu na PC. Odevzdání bakalářské práce sekretářce katedry.

Rozsah práce: 30 – 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

- BROŽ, M.: Microsoft Excel - Vzorce, funkce a výpočty. Computer Press, s. 568, Praha 2006, ISBN 80-251-1088-5.
- GLOS, J.: Možnosti použití laserového počítače částic při stanovení obsahu nečistot v provozních kapalinách vznětového motoru. In: Sborník konference „Opatření, spolehlivost, diagnostika 2008“, Univerzita obrany, s. 53-60, Brno. ISBN 978-80-7231-558-1.
- HELEBRANT, F. – HRABEC, L. – ZEIGLER, J. – KRATOCHVÍL, J.: Softwarová podpora tribologické péče. In: Odborná sekce tribotechnika – konference: Mazání v moderním průmyslovém podniku, 19.4.-20.4.2006 Nové Město na Moravě, Česká strojnická společnost, Praha 2006, s. 78-82. ISBN 80-02-01808-7.
- JURČA, V. - HLADÍK, T. - ALEŠ, Z.: Možnosti využití a zpracování dat z řízení údržby. Monografie, ČSJ, Praha, 2004, 74 s., ISBN 80-02-01595-9.
- WEBER, M. – BREDEN, M.: Excel VBA – Velká kniha řešení. Computer Press, s. 872, Praha 2007, ISBN 978-80-251-1453-7.
- WALKENBACH, J.: Microsoft Excel 2003 - Programování ve VBA. Computer Press, s. 872, Praha 2006, ISBN 80-251-0911-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Aleš

Datum zadání bakalářské práce: 30. 11. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2010



Josef Pošta

prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

vedoucí katedry

Jiří Klíma

prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 9.12.2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Zpracování dat z tribotechnického klasifikátoru částic LNF pomocí tabulkového procesoru MS Excel“ vypracoval samostatně, a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Praze dne 23. 4. 2010

.....

podpis studenta

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomáhali s předkládanou prací.

Především bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Zdeňkovi Alešovi za vedení a spolupráci při zpracování práce.

Abstrakt: Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací uživatelského prostředí pro zpracování dat z tribotechnického klasifikátoru částic LaserNet Fines pomocí tabulkového procesoru MS Excel. Text je koncipován do pěti celků (Úvod, Popis datového výstupu z originálního software LaserNet Fines, Návrh vlastního uživatelského prostředí, Realizace aplikace pro zpracování dat a Závěr). První část stručně popisuje obor tribologie včetně jeho historického vývoje. Druhá část pojednává o charakteristice výsledků tribotechnických analýz. Třetí část popisuje hlavní rysy navrhované aplikace. Předposlední kapitola obsahuje popis realizovaného prostředí. Poslední kapitola shrnuje výsledky.

Klíčová slova: diagnostika strojů, tribologie, opotřebení, kód čistoty, laserový analyzátor.

Abstract: The bachelor thesis studies design and realization of tribotechnic data processing, using MS Excel. Data are obtained from laser particle analyzer LaserNet Fines. The text consists of five chapters (Introduction, Data output description from original software LaserNet Fines, Design of user's environment, Realization data processing application and Summary). First chapter describes tribology including history. Second part describes tribotechnical analysis results. Third chapter describes main features of design application. Next to last part contains description of realized environment. In last chapter we summarize results.

Key words: machines diagnostic, tribology, wear, cleanliness code, laser analyzer.

OBSAH:

1. ÚVOD.....	1
1.1. Tribotechnická diagnostika	2
1.2. Sledování znečištění průmyslových olejů	3
1.2.1. Stanovení kódu čistoty	4
1.3. Mezinárodní norma ISO 4406:1999	5
1.3.1. Kód čistoty	5
1.3.2. Stanovení kódu analýzou automatickým počítačem částic	6
1.4. Zařízení používané při tribotechnických analýzách	7
1.5. Metodika měření laserového analyzátoru LNF	8
1.5.1. Příprava měření.....	8
1.5.2. Příprava vzorku pro analýzu	9
1.5.3. Průběh analýzy	9
1.5.4. Konec analýzy vzorku	10
2. DATOVÝ VÝSTUP Z ORIGINÁLNÍHO SOFTWARE LNF	11
2.1. Hlavní výsledky	11
2.1.1. Hydraulické kapaliny.....	11
2.1.2. Souhrn opotřebení	12
2.1.3. Abrazivní, adhezní, únavové opotřebení a nekovové částice	13
2.2. Trendy / Diagnostika	14
2.3. Částice opotřebení	15
3. NÁVRH VLASTNÍHO UŽIVATELSKÉHO PROSTŘEDÍ	18
4. REALIZACE APLIKACE PRO ZPRACOVÁNÍ DAT.....	19
4.1. Spouštění aplikace	19
4.2. Hlavní ovládací prvky aplikace	19
4.2.1. Popis a funkce tlačítek panelu	20
4.3. Načtení externích dat	20
4.3.1. Ukázka kódu makra pro načtení externích dat.....	21
4.4. Popis základních informací o analýze	22
4.4.1. Hlavní údaje	22
4.4.2. Údaje o zvoleném vzorku analýzy.....	22
4.5. Grafické vyhodnocení výsledků	23
4.5.1. Graf sledovaných ukazatelů	24

4.5.2. Graf procentuálního zastoupení částic.....	26
4.5.3. Graf znečištění kapalin.....	27
4.6. Souhrn opotřebení	28
5. ZÁVĚR	29
6. SEZNAM LITERATURY	30
7. SEZNAM OBRÁZKŮ	32

1. ÚVOD

Cílem předkládané práce je navrhnout a zrealizovat uživatelské prostředí pro zpracování dat z tribotechnického klasifikátoru částic LaserNet Fines pomocí tabulkového procesoru MS Excel. K řešení daného úkolu nás vede relativně vysoká cena tribotechnického klasifikátoru částic LaserNet Fines a tedy potenciální úspora nákladů. Ke snížení nákladů vede i použití nejrozšířenějšího tabulkového procesoru MS Excel.

Klasifikátor částic LaserNet Fines se používá ke klasifikaci a stanovení počtu částic v provozních náplních. Problematikou, spojenou mimo jiné i se znečištěním provozních kapalin, se zabývá technická disciplína nazývaná tribologie, která zkoumá i problematiku tření za nejrůznějších podmínek. Obor tribologie neřeší pouze problematiku strojů, ale také problematiku lidského organismu. Tribologie zahrnuje studium a aplikaci principů tření, mazání a opotřebení. Praktickou aplikací se zabývá tribotechnika, která je velmi často označována za základní kámen pro získávání tribologických poznatků o materiálech, jejich povrchu, tvaru a vzájemných interakcích.

Pojem tribologie se začal používat v technických disciplínách během začátku druhé poloviny minulého století. Ze zkoumání dnes již zaniklých civilizací je známo, že už i za jejich doby byly řešeny otázky ohledně tření, jak tření snížit anebo naopak, jak lze tření využít. Hlavním cílem tehdy bylo šetření lidských sil a s tím spojené usnadnění pohybu těles atd. Je prokázáno, že tyto otázky se v praxi řešily mj. zaváděním mazání, které zpomalovalo opotřebení dotýkajících se povrchů u vzájemně se pohybujících těles.

V dnešní době patří tribologie mezi významné obory aplikované fyziky a zasahuje do velkého množství technických odvětví, například montáž, provoz a údržba strojů.

1.1. Tribotechnická diagnostika

Jak již bylo výše zmíněno, tribotechnika je dnes nepostradatelnou součástí údržby strojů. Cílem údržby by měla být ochrana strojů, ne jejich oprava. Měla by stroje udržovat v optimálním provozuschopném stavu a snažit se, aby se tento stav neměnil a ve výsledku zajistit bezporuchový chod stroje. Tribotechnická diagnostika (TTD), je z oblastí diagnostiky, která převážně spočívá ve sledování provozních náplní. V automobilech to jsou především motorové a převodové oleje, ve strojírenství průmyslové oleje, procesní kapaliny a plastická maziva. Pravidelná TTD je schopná nejenom kontrolovat stav maziva v průběhu stárnutí, ale i výskyt cizorodých látek a dalších parametrů. Tato metoda je navíc schopna včas zjistit příčiny vznikajících poruch a opotřebení strojních součástí a v mnoha případech předejít značným škodám nebo i haváriím strojů. K tomu slouží proaktivní údržba, kterou můžeme zjednodušeně vyjádřit rovnicí: *péče* (o olej) + *diagnostika* (oleje) = *prevence* (bezporuchový provoz). Z této rovnice vyplývá, že bychom měli o olej pečovat průběžně, aby byl olej a olejový systém po celou dobu životnosti stroje co nejčistší. Výsledkem ošetřování olejů je vysoká spolehlivost a životnost strojů.

V dnešní době, více než kdy jindy, je prioritní záležitostí pro všechny strojírenské firmy snižování nákladů ve výrobním procesu. S tím do jisté míry souvisí i otázka spolehlivosti a prodlužování životnosti strojů. Úspora nákladů je v první řadě podmíněna investicemi do procesu prevence, která spočívá například v diagnostice, což je především sledování strojů a zařízení.

V rámci laboratorních testů je při sledování maziv trendem TTD vedle stanovení základních parametrů (kinetická viskozita, bod vzplanutí, bod tuhnutí, číslo kyselosti, pěnivost, koroze, obsah vody, atd.) i uplatňování moderních laboratorních metod (infračervená spektrometrie, atomová spektrometrie, částicová ferografie a čítač nečistot). Zmíněné moderní metody umožňují určit množství a úbytek aditiv, přítomnost, množství a tvar otěrových kovů, celkové znečištění atd. Veškeré údaje o mazivu jsou okamžitě zaznamenány do počítače. V dnešní době existuje pro TTD řada kompletních mazacích režimů od tzv. Total Fluid Management (TFM) nebo Chemika Management (CHM).

Zjednodušeně řečeno TTD zahrnuje sběr, vyhodnocování a ukládání aktuálních informací o provozu a jejich převedení do elektronické podoby databáze. TTD umí zprostředkovat zpětnou vazbu a tím je schopna včas a přesně upozornit na potřebu stroje. Jedná se například o výměnu maziva, doplnění maziva a odběr vzorku. Databáze vytvořené TTD neslouží jen samotným zákazníkům, ale i laboratořím, které výsledky vyhodnocují a porovnávají. Na základě dlouholetých zkušeností a statistických dat naměřených hodnot lze velice přesně stanovit stav maziva a následně vybrat postup pro filtraci, doplnění aditiv, popř. zvolit výměnné intervaly mazací náplně. Systematická péče o maziva vede ke spokojenosti širokého spektra uživatelů.

Spolupráci v oblasti TTD proto využívá mnoho strojírenských firem, protože tímto přístupem dokážou nejen ušetřit náklady na opravy strojů, ale i předejít výpadkům výroby. TTD mnohdy plní i požadavky legislativní, potřebné pro normalizaci a certifikaci. Dobře fungující stroje, které jsou bez úkapů a havárií mazacích celků, přispívají k celkové bezpečnosti a minimalizují ekologické dopady na životní a pracovní prostředí.

V dnešní době jsou zaváděny v oblasti maziv řady novinek, které jsou především patrné v oblasti automobilových olejů například takzvané LONGLIFE náplně. I přes značný vědeckotechnický rozvoj strojů a zařízení, v oblasti maziv si na takzvané celoživotní náplně strojů musíme ještě nějakou dobu počkat.

1.2. Sledování znečištění průmyslových olejů

Vzhledem k tomu, že okolo 75% poruch strojů je způsobených mazacím olejem, je sledování znečištění průmyslových olejů jedním ze základů tribodiagnostiky strojů.

Znečištění průmyslových olejů se hodnotí buď gravimetricky, nebo pomocí kódu čistoty oleje, který postihuje především počet částic v oleji a distribuci jejich velikostí. Gravimetrická metoda používá membránový filtr s velikostí pórů 0,8 μm či 0,45 μm , což znamená, že zachytí i degradační produkty oleje větších rozměrů. Tímto postupem tedy podchytíme většinu částic přítomných v oleji, ale nedozvíme se nic o distribuci jejich velikostí. K tomu slouží právě kód čistoty. [9]

1.2.1. Stanovení kódu čistoty

V průběhu šedesátých a sedmdesátých let bylo zavedeno počítání částic do hodnocení čistoty hydraulických olejů a postupem času se stalo jednou z nejdůležitějších zkoušek systému tribodiagnostiky hydraulických soustav. Stanovení kódu čistoty zároveň proniklo i do hodnocení jiných typů olejů, než jen hydraulických. V současnosti se ke stanovení počtu částic ve vzorku oleje používají tři metody. [9]

První z nich je optická mikroskopie (ISO 4407). Částice jsou počítány „manuálně“ v zorném poli mikroskopu na membráně, která je rozdělena rastrem na stejná políčka čtvercového tvaru. Ačkoliv by se mohlo zdát, že tato metoda je překonaná, pomalá a nepohodlná, stále je používána a mnohými je považována za nejspolehlivější a nejpresnější metodu počítání částic, která není ovlivněna některými omezeními moderních automatických metod. [9]

Druhá a dnes asi nejrozšířenější metoda je použití automatických čítačů částic - dále AČČ (ISO 115007). Používají se v zásadě dva principy - přístroje s bílým světlem, které je v senzoru zastiňováno procházejícími částicemi, a přístroje s laserem, kde procházející částice způsobují rozptyl laserového paprsku. Laserové přístroje jsou považovány za přesnější a citlivější. Právě problémy AČČ s počítáním částic, které mají dva hodně odlišné rozměry (např. 6 μm na šířku a 50 μm na délku) způsobily revizi kódovacího systému čistoty kapalin. Jako přijatelný kompromis řešící tyto problémy byl přijat jako počítaný rozměr částice tzv. „průměr ekvivalentní kulové částice“ (equivalent spherical diameter). Tak jsou počítány částice v tom velikostním rozsahu, ve kterém by byl jejich stín nebo efekt rozptylu, pokud by částice byly dokonale kulové. Ani zavedení tohoto kompromisu neodstraní některé falešné odezvy způsobené překrýváním částic nebo počítáním vločkových přísad. Proto je nutné velmi striktně dodržovat postupy měření. [9]

Třetí používaná metoda je „blokace pórů“ (BS 3406). Vzorek prochází sítky (membránami) s přesně definovanou velikostí oka (póru), nejčastěji 10 μm . Také zde existují dva principy. V prvním případě přístroj měří pokles průtoku s narůstajícím zanesením membrány, zatímco tlak zůstává konstantní. Membrána je nejdřív zanášena částicemi 10 μm a většími, poté při určitém stupni ucpání pórů i menšími částicemi. Ve druhém případě se měří zvyšování tlakového rozdílu na membráně, zatímco průtok

zůstává konstantní. Pro oba případy se pak používá software, který z časové závislosti poklesu průtoku nebo zvýšení tlaku počítá kódy čistoty podle ISO 4406. Tyto přístroje nemají problémy se vzduchem a vodou v oleji ani s příliš tmavými oleji. Jsou ovšem velmi závislé na přesnosti programu, který vypočítává kódy čistoty, neboť distribuce velikostí částic je vlastně odhadována. Získáme s nimi přesnou představu o celkové koncentraci částic. [9]

1.3. Mezinárodní norma ISO 4406:1999

Mezinárodní norma ISO 4406:1999 byla připravena technickou komisí ISO/TC 131, *Kapalinové hnací systémy*, subkomise SC6, *Kontrola znečištění a hydraulické kapaliny*. [11]

Nové vydání ISO normy ruší a nahrazuje první vydání (ISO 4406:1987), které bylo technicky revidováno. ISO 4406 zavádí pro úroveň znečištění, měřenou automatickými počítači částic kalibrovanými podle ISO 11171, kód sestávající ze tří čísel. [11]

Rozměry částic $\geq 5 \mu\text{m}$ a $\geq 15 \mu\text{m}$ uváděné pro mikroskopické měření nejsou, ve srovnání s těmi které jsou uvedeny v ISO 4406:1987, změněny. [11]

Definování kódů rozměrů částic u automatického počítače částic tímto způsobem, potvrzuje přímé srovnání měření, prováděných podle této normy využívající buď měřicí metodu, nebo přímé srovnání mezi takovými měřeními a záznamy údajů založených na ISO 4406:1987. [11]

1.3.1. Kód čistoty

Účelem kódu je jednoduše zaznamenat údaje o počtu částic převedením částic v jasných třídách nebo kódech, kde zvýšení kódu o jedničku je obvykle dvojnásobek úrovně znečištění. [11]

Původní kód podle ISO 4406:1987 byl založen na zápis ve dvou rozměrech $\geq 5 \mu\text{m}$ a $\leq 15 \mu\text{m}$, avšak tyto rozměry byly v této revizi změněny na vykazování použití rozdílného kalibračního etalonu pro optické automatické počítače částic. Rozměry, které se zaznamenávají jsou $\geq 4 \mu\text{m(c)}$, $\geq 6 \mu\text{m(c)}$ a $\geq 14 \mu\text{m(c)}$. Poslední dva z těchto rozměrů jsou ekvivalentní rozměrům částic $5 \mu\text{m}$ a $15 \mu\text{m}$ získaných metodou kalibrace automatických počítačů částic použitím ISO 4402:1991. Norma ISO 4402:1991 byla nahrazena ISO 11171:1999. V celé této mezinárodní normě znamená používání $\mu\text{m(c)}$, že měření rozměru částice se provádí automatickým počítačem částic, který byl kalibrován podle ISO 11171. [11]

1.3.2. Stanovení kódu analýzou automatickým počítačem částic

Řady čísel jsou přiřazovány podle počtu částic spočítaných na ml kapalného vzorku. Krokový poměr, obvykle dvou kroků, jak je uveden mezi horními a spodními mezemi pro počet částic na ml v tabulce (příloha 1), byl převzat tak, aby se zachoval počet číselných řad v rozsahu přijatelné meze a tak se zajistilo, že bude každý krok významný. [11]

Počítání se musí provádět podle ISO 11500 nebo jiné uznané metody automatickým počítačem částic kalibrovaným podle ISO 11171. Řada čísel se musí přiřadit k počtu částic rovných nebo větších než $4 \mu\text{m(c)}$. Druhá řada čísel se musí přiřadit k počtu částic rovných nebo větších než $6 \mu\text{m(c)}$. Třetí řada čísel se musí přiřadit k počtu částic rovných nebo větších než $14 \mu\text{m(c)}$. Musí se zapsat tři čísla, jedno po druhém a oddělit je šikmými lomítky. [11]

Příklad: Kód čistoty 22/18/13 značí, že v 1 ml dodaného vzorku kapaliny je více než 20 000 částic a maximálně 40 000 částic rovných nebo větších než $4 \mu\text{m(c)}$, více než 1 300 částic a maximálně 2 500 částic rovných nebo větších než $6 \mu\text{m(c)}$ a více než 40 částic a maximálně 80 částic rovných nebo větších než $14 \mu\text{m(c)}$.

1.4. Zařízení používané při tribotechnických analýzách

Ke klasifikaci tvarů a stanovení počtu částic v provozních náplních se používá tribotechnický klasifikátor částic LaserNet Fines (LNF).

LaserNet Fines[®]-C je jeden z nejmodernějších stolních analytických nástrojů, který kombinuje techniky analýzy olejů klasifikace tvarů a stanovení počtu částic v jednom zařízení. Klasifikátor částic LaserNet Fines[®]-C analyzuje vzorky hydraulických a mazacích olejů z různých typů strojů a přístrojů, které jsou částí programu sledování stavu opotřebení zařízení. [13]

Reporty jsou v první řadě na základě morfologické analýzy a rozdělení velikosti abnormálních otěrových částic. Obsluha je seznámena s odhadem částic nalezených ve vzorku a historií předchozích výsledků stejného zařízení. LaserNet Fines[®]-C se může použít jako samostatný analytický nástroj nebo ve spojení s kompletním servisním analytickým programem. LaserNet Fines[®]-C (obrázek 1) se skládá ze dvou částí. První částí je samotný analyzátor, který analyzuje odebraný vzorek kapaliny. Druhou částí je osobní počítač, který je nutný pro analytické vyhodnocení dat analyzátoru. [13]



Obrázek 1- Klasifikátor částic LaserNet Fines[®]-C [12]

Jako klasifikátor tvaru částic umožňuje LaserNet Fines[®]-C rozeznat tvar všech částic větších než 20 μ m využitím neuronové sítě. Algoritmus třídí částice do kategorií podle druhu opotřebení nebo druhu částic. Kategorie jsou následující: abrazivní, adhezivní, únavové otěry, hrubý skluz, nekovy a vlákna. [13]

Software pro určení tvaru dělá mimo jiné i test kruhovitosti, takže bubliny a kapky větší než 20 μ m jsou eliminovány z celkových výsledků. U stanovení počtu částic zpracovává a ukládá LaserNet Fines[®]-C tisíce obrázků, aby byla obdržena dobrá čtecí statistika. Částice jsou vyhodnoceny přímo a výsledky mohou být zobrazeny například v kódu ISO 4406 (>4 μ m, >6 μ m, a >14 μ m). Možnost přímého zpracování obrazu celkově eliminuje potřebu kalibrace pomocí prachového testu. Bubliny větší než 20 μ m jsou ignorovány a laser je dost silný zpracovat i černé znečištěné oleje a saze. [13]

1.5. Metodika měření laserového analyzátoru LNF

Společně s tribotechnickým klasifikátorem částic LaserNet Fines[®]-C se používá originální software, který obsahuje program LaserNet Fines Program Executable. Do programu se na začátku analýzy vzorku vloží potřebné informace o vzorku. Mezi vkládané údaje patří například datum odebrání vzorku, typ kapaliny, doba provozu v hodinách, atd. Po následné přípravě vzorku se spustí analýza a po jejím skončení je možno prohlížet výsledky.

1.5.1. Příprava měření

Prvním krokem analýzy je spuštění výše uvedeného programu a přihlášení uživatele ke svému účtu. Po přihlášení, nebo vytvoření nového uživatelského účtu je zpřístupněno celé softwarové rozhraní. V hlavním okně je řada nabídek, pomocí kterých lze například přepnout uživatele, spustit test, měnit nebo prohlížet databázi a atd. Po vybrání položky „Start Tests“ má uživatel možnost vybrat stroj z databáze již vložených analýz, nebo vložit nový záznam o stroji. Dále je nutné vyplnit základní informace týkající se vzorku, jako je například datum odebrání vzorku, pořadové číslo vzorku, doba provozu v hodinách, doba provozu v hodinách od poslední výměny oleje nebo olejového filtru, doba provozu v hodinách od generální opravy, typ kapaliny, nebo jestli vzorek musel být naředěn.

1.5.2. Příprava vzorku pro analýzu

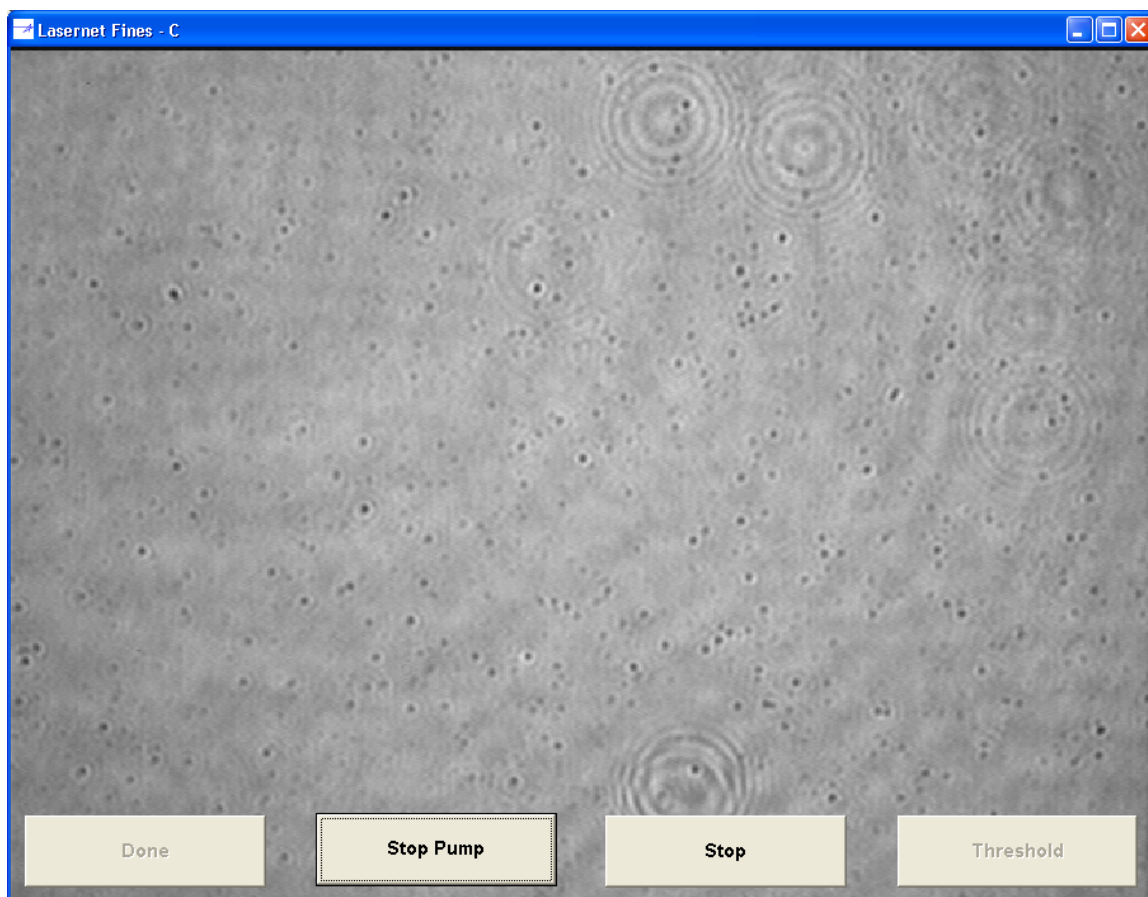
Dalším krokem před analýzou je řádná příprava vzorku, která mimo jiné zahrnuje třepání se vzorkem, aby se otěrové částice dostaly do suspenze oleje. V případě více viskózních olejů, jako jsou například těžké převodové oleje nebo oleje, které byly ve skladu, je potřeba vzorek protřepávat delší dobu, než vzorky odebrané přímo ze stroje. K přípravě může být využito automatizované třepačky. Vzorek by měl být protřepáván minimálně po dobu 30 sekund, v závislosti na viskozitě (více viskózní oleje je potřeba protřepávat delší dobu). Hned po protřepání by měl být vzorek vložen do ultrazvukové lázně, aby se zbavil většiny vzduchových bublin. Program umí automaticky odstranit bubliny větší než 20 μm .

Další důležitou věcí při přípravě vzorku pro analýzu je nutnost ředění. Některé tekutiny musí být k analýze naředěny. Ředění vzorků se provádí v závislosti na viskozitě analyzované kapaliny a tyto informace o ředění je nutné zadat do počítače. Předepsané požadavky na ředění jsou udány výrobcem analyzátoru (příloha 2). Minimální potřebné množství vzorku pro provedení analýzy je 10 ml.

1.5.3. Průběh analýzy

Po řádné přípravě vzorku je tedy možné přistoupit k samotné analýze. Důležitým krokem na začátku analýzy je, aby obsluha vyčkala několik sekund a přístroj mohl nasát malé množství vzduchu. Až poté lze vzorek umístit k sací větvi přístroje. Celková doba vlastní analýzy je přibližně 3 minuty.

Během této doby výkonný laser přenese světelný puls skrze tenkou celu, ve kterém je umístěn pomalu protékající vzorek mezi dvěma skleněnými plátky. Obraz je zachycen pomocí video kamery za použití zvětšovací optiky. Každý snímek je uložen do paměti a zpracován k identifikaci objektů. Tyto objekty jsou vzápětí analyzovány pro maximální velikost částic a několik tvarových charakteristik. Získané údaje se pak používají pro klasifikaci částic do tříd mechanického opotřebení. Obsluha je o průběhu analýzy průběžně informována. Na obrázku 2 je pohled na celu, na které prochází analyzovaný vzorek.



Obrázek 2 - Pohled na celu během analýzy [7]

1.5.4. Konec analýzy vzorku

Po analýze vzorku má obsluha možnost výsledky proběhnuté analýzy označit za platné, nebo tyto výsledky zamítnout. Rozhodnutí o přijetí nebo zamítnutí může uživatel vykonat na základě zobrazených výsledných dat analýzy. V následujícím kroku se obsluha může rozhodnout, zda propláchne analyzátor, nebo bude pokračovat dál v měření bez propláchnutí přístroje. K propláchnutí přístroje se používá minimálně 50 ml rozpouštědla. Pokračování měření bez propláchnutí se používá pouze tehdy, když se předchozí analýza týkala čistého vzorku. Poté může následovat další analýza, nebo program může být vypnut.

2. DATOVÝ VÝSTUP Z ORIGINÁLNÍHO SOFTWARE LNF

Programové vybavení klasifikátoru částic LNF poskytuje výsledky naměřených dat ve třech kategoriích. První kategorií jsou hlavní výsledky, další jsou trendy a diagnostika a třetí jsou částice opotřebení. Všechny tři kategorie jsou dále jednotlivě popsány.

2.1. Hlavní výsledky

Základní kategorií jsou hlavní výsledky, které poskytují přehledné výsledky po skončené analýze. Na hlavním okně se v horní části nacházejí informace, které identifikují analyzované kapaliny. Z těchto informací lze například vyčíst, o jaký typ kapaliny se jedná, kdy byl vzorek odebrán, kdo a kdy prováděl analýzu a další informace o analýze (viz obrázek 3).

Customer/Site	AGROWALD	Notes		Fluid Type	GYROGATE PP 90
Machine	LEVY KONCOVY PREVOD	Samp#	7	Operating Hrs/mile	0
Equip Name	LEVY	Dilution	None	Hrs/mile overhaul	
Unit (Port)	KONCOVY PREVOD			Hrs/mile oil Chg	
				Sample	16.1.2009 0:01:00 Seq# 0
				Operator	ZDENEK ALES
				Analysis	19.1.2009 15:40

Obrázek 3 - Základní údaje analyzovaného vzorku [7]

Detailnější informace o analyzovaném vzorku se nachází pod základními informacemi o vzorku. Zde se nachází šest záložek (obrázek 4), které podrobněji popisují analyzovaný vzorek.

Hydraulic	Wear Summary	Cutting Wear	Sliding Wear	Fatigue Wear	NonMetallic
-----------	---------------------	--------------	--------------	--------------	-------------

Obrázek 4 - Záložky s informacemi o analyzovaném vzorku [7]

2.1.1. Hydraulické kapaliny

První záložkou jsou Hydraulické kapaliny (Hydraulic), která obsahuje dalších sedm záložek, které jsou zobrazeny na spodním obrázku. Tyto záložky zastupují normy, které rozdělují kapaliny podle kódu čistoty. Jednotlivé záložky jsou popsány dále.

ISO4406	NAS1638	NAVAIR 01-1A-17	CHA(RN)	HAL	SAE AS4059	User Defined
---------	---------	-----------------	---------	-----	------------	--------------

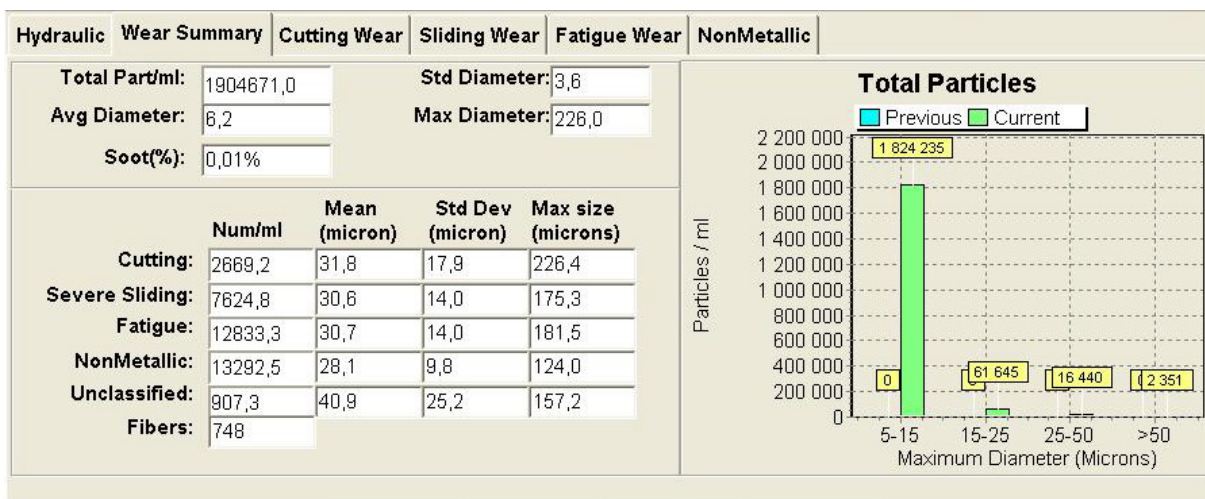
Obrázek 5 - Nabídka záložek v záložce Hydraulické kapaliny (Hydraulic) [7]

- **ISO4406** – podle normy ISO 4406:1999. Norma již byla popsána v předchozí kapitole.
- **NAS1638** – další rozšířená norma, která slouží pro kódování úrovně znečištění provozních kapalin.
- **NAVAIR 01-1A-17** – norma převážně používaná ke klasifikaci částic pro hydraulické systémy námořních letadel.
- **CHA(RN)** – norma, která rozděluje částice do šesti kategorií podle jejich velikosti – větší než 5 μm , 10 μm , 15 μm , 20 μm , 50 μm a 100 μm .
- **HAL** – slouží obdobně jako norma CHA(RN) ke klasifikaci částic, ale je rozšířená o hodnocení množství vláken ve 100ml vzorku oleje.
- **SAE AS4059** – norma, rozděluje částice do kategorií podle jejich velikosti – větší než 4 μm , 6 μm , 14 μm , 21 μm , 38 μm a 70 μm .
- **User Defined** (Definované uživatelem) – zde si uživatel může nadefinovat vlastní kategorie rozdělení částic.

2.1.2. Souhrn opotřebení

Druhou záložkou je souhrn opotřebení (Wear Summary), kde jsou podrobnější výsledky o analýze vzorku kapaliny. Záložka je zobrazena na obrázku 6 na str. 13. Zde se nachází například informace o celkovém počtu částic v 1 ml analyzovaného vzorku. Dále lze nalézt údaje o velikosti částic, které jsou udávány v μm .

Pod těmito výsledky se nachází tabulka, ve které jsou přehledněji vypsány výsledky. Tyto výsledky jsou podle druhu rozděleny do šesti skupin: Abrasivní opotřebení (Cutting Wear), Adhezivní opotřebení (Sliding Wear), Únavové opotřebení (Fatigue Wear), Nekovové částice (NonMetallic), Nezařaditelné částice (Unclassified wear) a Vlákna (Fibers). Ke každé skupině jsou vypsány údaje o počtu částic v 1 ml vzorku, maximální a průměrná velikost částic a směrodatná odchylka.



Obrázek 6 - Základní výsledky z analýzy [7]

Graf, který je v pravé části hlavního okna, informuje o celkovém počtu a velikosti částic v 1 ml aktuálního a předchozího vzorku.

2.1.3. Abrazivní, adhezní, únavové opotřebení a nekovové částice

Tyto další záložky poskytují detailnější informace prostřednictvím grafu. Každá z těchto záložek má graf určité skupiny opotřebení nebo částic. Na ose svislé ose můžeme najít počet částic v 1 ml vzorku a na vodorovné ose rozdělení do čtyř kategorií podle velikosti částic.

Ve spodní části hlavního okna se nachází přepínací položky, které slouží pro přepínání. Pomocí těchto položek lze například rychle listovat mezi výsledky analýz, přepínat rozhraní prostředí, vytisknout protokol o provedené analýze, exportovat výsledky analýzy a atd. Jednotlivé položky jsou zobrazeny na dolním obrázku a jejich funkce jsou popsány níže.

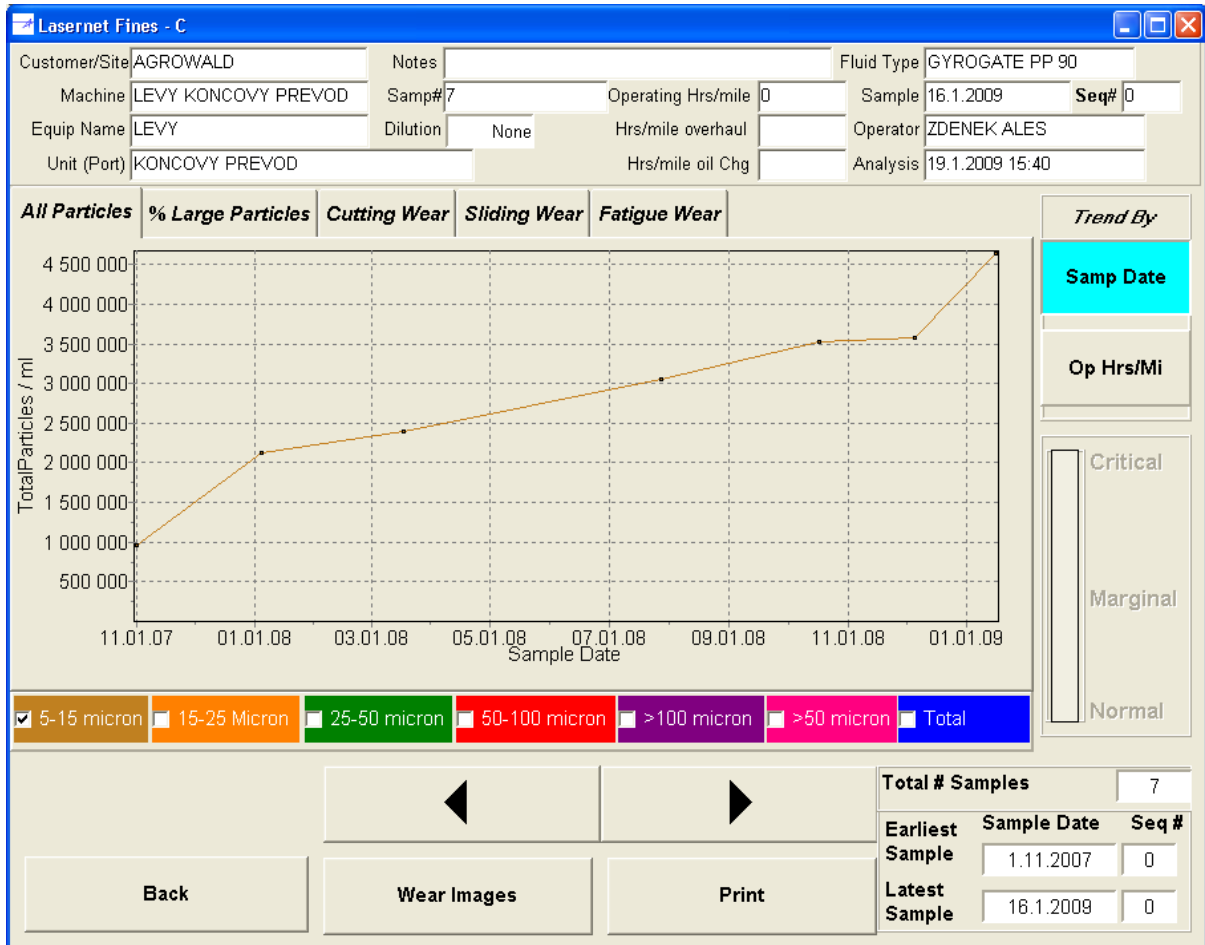


Obrázek 7 - Spodní část hlavního okna [7]

- **Filtr (Selection Filtr)** – pomocí této nabídky lze dle nabízených kritérií vyhledávat vzorky analýzy. Lze vyhledávat pomocí Číslo vzorku (Sample #), podle Data analýzy (Process Date) nebo nepoužít Žádný filtr (None).
- **Zpět (Back)** – navrácení do předchozí nabídky
- **První (First)** – zobrazení prvního vzorku daného stroje
- **Předchozí (Previous)** – navrácení na výsledky předchozí analýzy
- **Další (Next)** – pohyb na výsledky následující analýzy
- **Poslední (Last)** – zobrazení posledního vzorku daného stroje
- **Částice opotřebení (Wear Images)** – přepne okno do prostředí s jednotlivými obrázky částic
- **Trendy / Diagnostika (Trend / Diagnosis)** – přepne okno do prostředí s informacemi o směru vývoje částic opotřebení podle kritérií
- **Tisk (Print)** – vytiskne protokol o analýze
- **Upravit informace o vzorku (Edit Sample Info)** – lze upravovat informace o vzorku
- **Exportovat informace o současném vzorku (Export Current Sample)** – export výsledků analýzy [7]

2.2. Trendy / Diagnostika

Pomocí spodní části hlavního okna se uživatel může jednoduše přepnout do záložky Trendy / Diagnostika (viz obrázek 8), která je druhou hlavní kategorií. Zde nalezneme informace o trendech, které vyplývají ze záznamů všech uplynulých analýz. Uživatel má možnost si trendy upravovat pomocí různých parametrů. Může si zobrazovat trendy v závislosti na datech vzorků, nebo na odpracovaných hodinách. Dále si uživatel může pod grafem zvolit, jak velké částice mají být zobrazeny v grafu. Samozřejmě lze sledovat směr vývoje jak všech částic, tak sledovat trendy jednotlivých druhů opotřebení. To se provádí pomocí přepínání záložek, které jsou umístěné nad grafem.



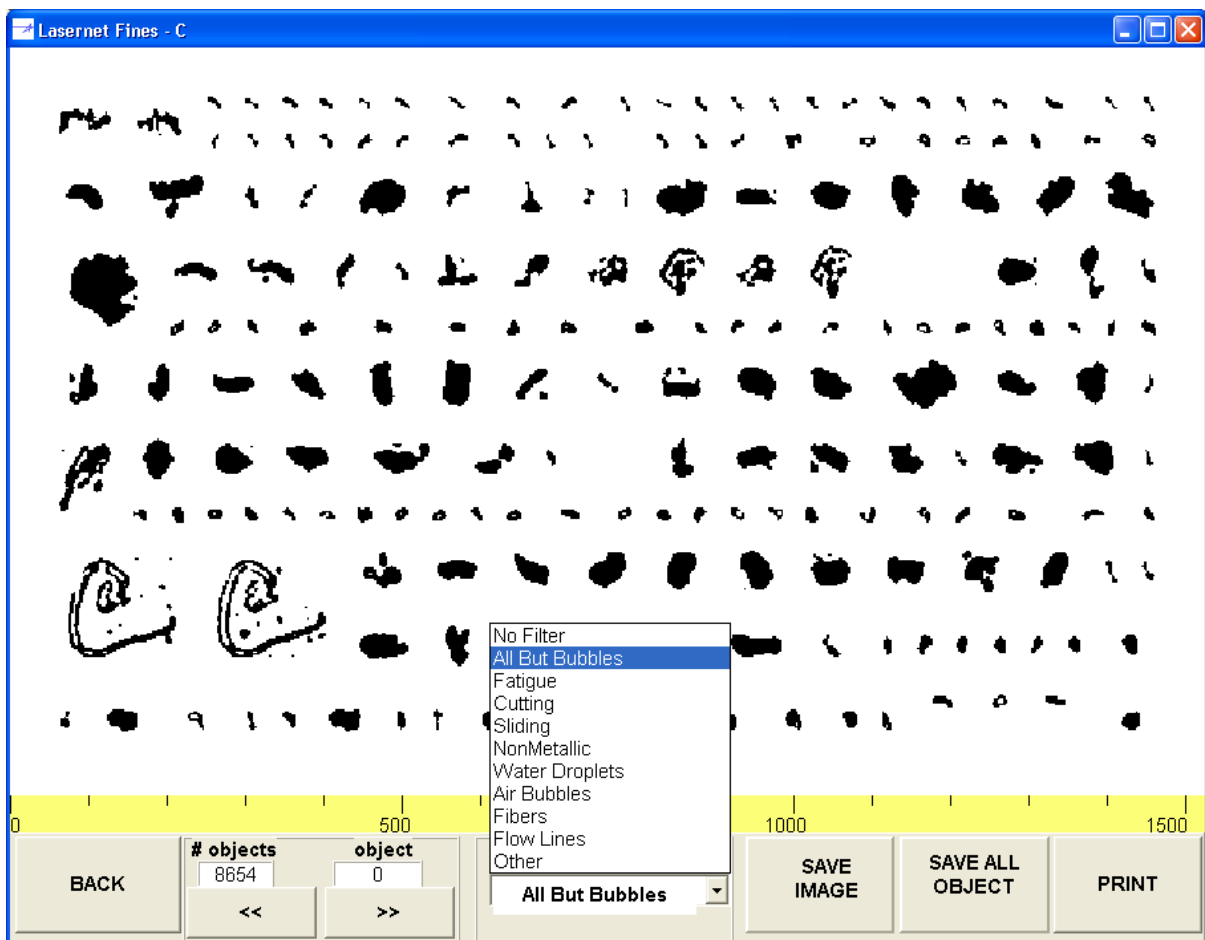
Obrázek 8 - Trend vývoje částic o velikosti 5-15 μm [7]

2.3. Částice opotřebení

Třetí a zároveň poslední kategorií poskytnutí výsledků naměřených dat je funkce Částice opotřebení (Wear Images Screen), která umožňuje náhled na tvary částic, které se nacházely v analyzovaném vzorku. V tomto okně má uživatel opět možnost zobrazené částice filtrovat a tím zobrazit jednotlivé druhy částic. V možnosti filtru se nachází jedenáct položek, které jsou vypsány dále a zobrazeny na obrázku 9.

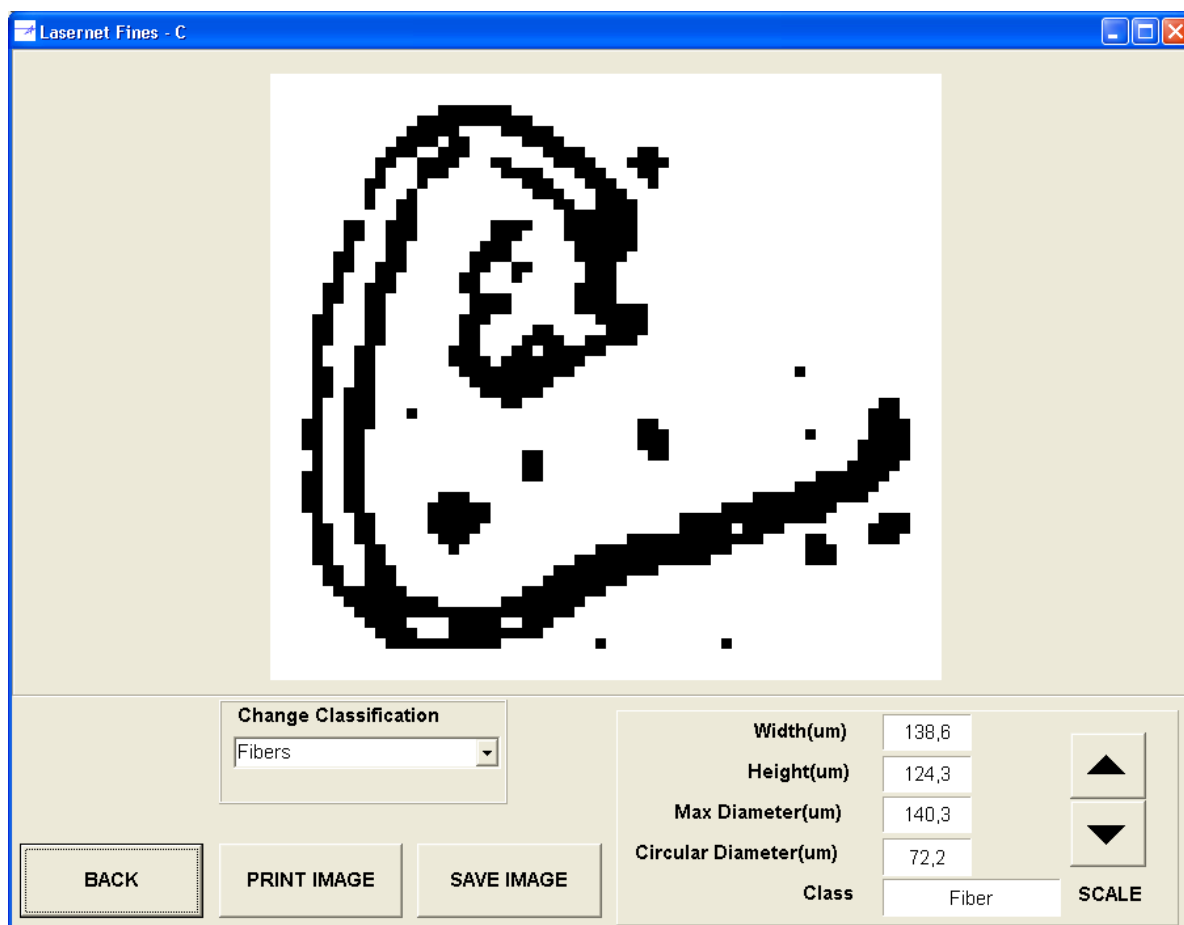
Položky filtru částic

- **Všechny částice** (No Filter)
- **Všechny částice kromě bublin** (All But Bubbles)
- **Částice únavového opotřebení** (Fatigue)
- **Částice abrazivního opotřebení** (Cutting)
- **Částice adhezivního opotřebení** (Sliding)
- **Nekovové částice** (NonMetallic)
- **Kapičky vody** (Water Droplets)
- **Vzduchové bubliny** (Air Bubbles)
- **Vlákna** (Fibers)
- **Linky při průtoku kapaliny** (Flow Lines)
- **Další** (Other)



Obrázek 9 - Zobrazení částic obsažených v analyzovaném vzorku [7]

Podrobnější informace lze získat dvojklikem na vybranou částici. Poté se otevře nové okno (obrázek 10) s danou částicí, která je zvětšená a měřítko lze měnit. Ve spodní části okna jsou základní údaje o dané částici, jako například šířka, výška, maximální průměr atd. Dále je možno přibližnou částici vytisknout, nebo uložit jako obrázek.



Obrázek 10 - Detail vybrané částice (vlákno) [7]

3. NÁVRH VLASTNÍHO UŽIVATELSKÉHO PROSTŘEDÍ

Navrhované uživatelské prostředí (aplikace) pro zpracování dat z tribotechnického klasifikátoru částic LNF, bude vytvořeno pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel (MS Excel), který je velmi rozšířený mezi uživateli a má široké využití. Patří mezi základní software vybavení prakticky každého počítače. Aby bylo uživatelské prostředí použitelné pro širší okruh uživatelů, bude navrženo v české a anglické verzi.

Základním krokem aplikace bude importování dat z externího textového souboru, který lze vygenerovat z originálního software tribotechnického klasifikátoru částic LNF. Tento textový soubor lze snadno přenášet a proto i navrhovaný soubor pro zpracování dat bude snadno přenositelný.

Po načtení externích dat budou zobrazeny výsledky vzorku analýzy. Mezi vzorky se bude moci rychle a snadno listovat a tím zobrazovat výsledky vybraných vzorků.

K prezentaci výsledků budou převážně použity grafy, které budou proměnné. Zobrazovaná data budou uživatelem měněna pomocí nabídky filtrů, která bude umístěna v oblasti daného grafu. Grafy by měly být přehledné, a proto by z nich měly být patrné výsledky vybraného vzorku analýzy. Celé rozhraní bude obsahovat tři grafy.

První graf bude zobrazovat sledované ukazatele a jejich počet částic. V grafu budou obsaženy jak data vybraného vzorku, tak vzorku předcházejícího a následujícího. Sledované ukazatele, které budou zobrazeny v grafu, bude moci uživatel měnit pomocí nabídky v oblasti grafu. Druhý graf, který bude zobrazovat procentuální zastoupení částic ve vzorku, bude výsečový a opět bude možnost, aby uživatel měnil zobrazovaná data. Třetí graf bude opět sloupcový a bude zobrazovat množství částic ve vzorku. Stejně jako první graf, bude zobrazovat data tří vzorků.

Všechny data a výsledky zpracované analýzy bude možno uložit do formátu PDF k archivaci, nebo vytisknout.

4. REALIZACE APLIKACE PRO ZPRACOVÁNÍ DAT

Aplikace je realizována v tabulkovém procesoru MS Excel. Ke zpracování dat jsou použity ovládací prvky, které usnadňují ovládání aplikace pomocí maker. Makra jsou posloupnosti akcí, funkcí nebo příkazů, které usnadňují určitou činnost. Používají se většinou jako posloupnost kroků při výpočtech, úpravách textu a podobně. Makra jsou ukládána v podobě kódů programovacího jazyka Visual Basic for Applications. Dále k dalšímu zpracování a zobrazení dat jsou použity funkce, které tabulkový procesor MS Excel obsahuje. Funkce, které byly během zpracování dat použity, se i se stručným popisem nacházejí v příloze 4.

4.1. Spouštění aplikace

Aplikace se spouští stejně jako každý soubor tabulkového procesoru MS Excel. Po spuštění je možnost výběru jazyka aplikace (česky/anglicky) zvolením příslušného tlačítka v okně aplikace. Přepnutí na vybrané okno aplikace se provádí odkazovým makrem, které je spuštěno po kliknutí na obrázek.

4.2. Hlavní ovládací prvky aplikace

Mezi hlavní ovládací prvky aplikace patří možnost načítání dat z externího souboru, ukládání zpracovaných dat analýzy, tisk a vymazání načtených dat z externího souboru. Tyto funkce lze vyvolat stisknutím jednoho ze čtyř tlačítek panelu, který je umístěn v levé horní části hlavního okna, viz dolní obrázek. Všechny tlačítka jsou tvořena pomocí ovládacích prvků. Ke každému tlačítku je uloženo makro, které je aktivované po kliknutí na ovládací prvek. Popis funkcí ovládacích tlačítek je popsán dále.



Obrázek 11 - Hlavní ovládací tlačítka

4.2.1. Popis a funkce tlačítek panelu

- **Načti (Load)** – slouží k načítání dat z externího textového souboru originálního software klasifikátoru částic LNF
- **Vymaž (Delete)** – vymaže načtená externí data a tím vymaže výsledky a hodnoty grafů v hlavním okně
- **Ulož (Save)** – uloží obsah aktuálního okna do formátu PDF
- **Tisk (Print)** – připraví aktuální okno k tisku a zobrazí náhled tisku

4.3. Načtení externích dat

Po spuštění a výběru jazyka aplikace se musí načíst data z externího textového souboru, který byl vytvořen exportem výsledků analýzy z originálního software LNF. Exportovaný textový soubor se musí jmenovat „export.txt“.

Po provedení výše uvedených kroků lze kliknutím na tlačítko „Načti“, umístěné v levém horním rohu, načíst data z externího textového souboru. Kliknutím se spustí makro, které v počítači najde soubor „export.txt“. Obsažená data textového souboru jsou následně importovány do listu podle zadaných podmínek.

Data se musí podle zadaného kritéria rozdělit do sloupců, aby byly přehledně uspořádány k dalšímu použití. Kritériem je oddělovač v textovém souboru, který je v tomto případě „čárka“. Po rozdělení textového řetězce následuje vložení dat do listu „Export“. Vložení dat začíná v buňce „A2“ a pokračuje dál. Kód makra, které provádí načtení dat, je zobrazen na následující stránce. Po načtení se v hlavním okně vyplní základní informace o analýze (viz obrázek 12).

4.4. Popis základních informací o analýze

V základních informacích je šest hlavních údajů, které vypovídají o provedené analýze. Další údaje, které se nachází v pravém horním rohu okna, informují o aktuálně vybraném vzorku. Všechny data jsou propojena s importovanými daty vložených do listu „Export“, takže v případě načtení nových dat se všechny údaje aktualizují. Propojení je provedeno odkazovými funkcemi na buňky listu s importovanými daty.

<u>Základní informace</u>			Vzorek číslo: 4
Zákazník KJSS	Datum prvního vzorku	13.11.2008	Datum vzorku: 4.12.2008
Zařízení NORDBLOCK 02	Datum posledního vzorku	30.5.2009	Pracovních hodin (mil) 504
Pracovník (ID) ZDENEK ALES	Celkový počet vzorků	16	Stáří vzorku (dny) 21

Obrázek 12 - Základní informace o vzorku analýzy

4.4.1. Hlavní údaje

- **Zákazník (Customer)** – jméno objednavatele analýzy
- **Zařízení (Machine)** – název stroje, ze které byl odebrán analyzovaný vzorek
- **Pracovník (Operator)** – jméno pracovníka, který vykonal analýzu, popřípadě jeho identifikační číslo
- **Datum prvního vzorku (Date of first sample)** – datum odebrání prvního analyzovaného vzorku
- **Datum posledního vzorku (Date of last sample)** – datum odebrání posledního analyzovaného vzorku
- **Celkový počet vzorků (Total number of samples)** – udává celkový počet vzorků provedené analýzy.

4.4.2. Údaje o zvoleném vzorku analýzy

Jak již bylo zmíněno, údaje o vybraném vzorku se nachází v pravém horním rohu. Dále se zde nachází ovládací prvek, který umožňuje postupné procházení vzorků analýzy a tím postupné zobrazování výsledků aktuálně vybraného vzorku (obrázek 13). Ovládací prvek je propojen se sousední buňkou „Y1“ a stisknutím prvku se mění hodnota v buňce.

<i>Vzorek číslo:</i>	4	▲ ▼
<i>Datum vzorku:</i>	4.12.2008	
<i>Pracovních hodin (mil)</i>	504	
<i>Stáří vzorku (dny)</i>	21	

Obrázek 13 - Informace o aktuálně vybraném vzorku

Údaje o aktuálně vybraném vzorku obsahují následující položky:

- **Vzorek číslo (Sample number)** – pořadové číslo vzorku analýzy, pro který jsou právě zobrazeny výsledky
- **Datum vzorku (Date of sample)** – datum odebrání vzorku analýzy, který je právě zvolen
- **Pracovních hodin (Operating Hours)** – počet odpracovaných hodin vybraného vzorku
- **Stáří vzorku (Age of sample)** – počet dní, které uběhly od data odebrání prvního vzorku do data odebrání vybraného vzorku.

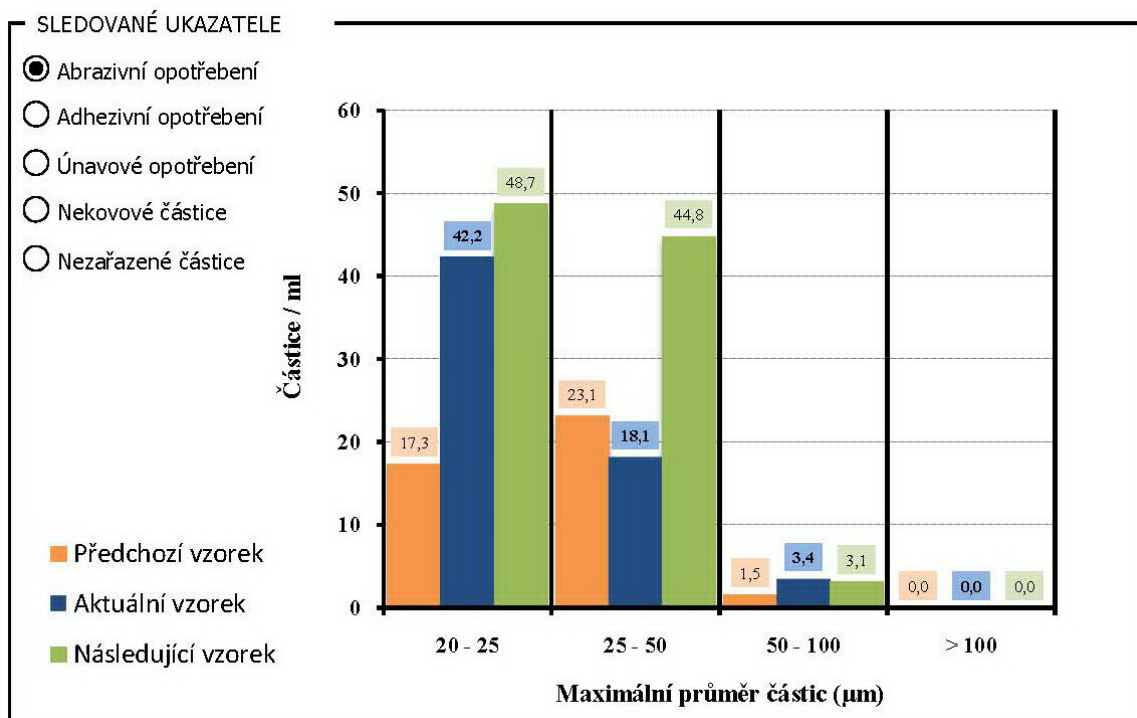
V závislosti na vybraném pořadovém čísle vzorku, jsou údaje o aktuálním vzorku měněny a tím se mění i zobrazované výsledky. Opět je zde použito propojení na list s importovanými daty. Stáří vzorku se počítá pomocí funkce, která od aktuálního data odečte datum prvního vzorku a tím získá rozdíl dat vyjádřený ve dnech.

4.5. Grafické vyhodnocení výsledků

Jako nejlepší a nejprehlednější prezentace výsledků analýz je grafické zpracování. V aplikaci se nacházejí tři grafy. Ve dvou grafech si uživatel může měnit zobrazované hodnoty pomocí nabídek umístěných u grafů.

4.5.1. Graf sledovaných ukazatelů

První graf se nachází v levé části hlavního okna a je zobrazen na obrázku 14. Na svislou osu je vynášen počet částic obsažených v 1 ml vzorku a vodorovná osa je rozdělena do čtyř oblastí, kde každá oblast odpovídá určitému rozmezí maximálního průměru částic v μm .



Obrázek 14 - Graf sledovaných ukazatelů

Jak již bylo řečeno, graf může být uživatelem měněn za pomoci nabídky v levé části oblasti grafu, která je vidět na horním obrázku. Zde se nachází pět položek a každá z nich představuje jiný druh opotřebení nebo částic. Lze volit mezi abrazivním, adhezivním a únavovým opotřebením, nebo mezi kovovými a nezařazenými částicemi. Z této nabídky může být vybrána pouze jedna možnost, která je pak výchozí pro zobrazované hodnoty grafu.

Zvolením jakékoliv možnosti z nabídky se vyplní buňka „AE1“, se kterou je celá nabídka propojená. Změna probíhá na základě výběru nabídky a tím přiřazení čísla do propojení buňky „AE1“. Jelikož se zde nachází pět možností výběru, tak hodnota buňky nabývá hodnot od 1 do 5. Na základě hodnoty v buňce „AE1“ je do sousední buňky

„AF1“ vyplněn údaj o zvolené možnosti z prvního sloupce tabulky, která obsahuje data aktuálního vzorku.

Tabulka obsahuje data pro jednotlivé druhy opotřebení a částic. V tabulce jsou data aktualizovány na základě vyhledávání aktuálního pořadového čísla vzorku v tabulce importovaných dat na listu „Export“. Po nalezení pořadového čísla vzorku v šestém sloupci, jsou přidělovány hodnoty ve stejném řádku, ale odlišných sloupců. Použitá funkce pro vyhledávání dat v tabulce z listu s importovanými daty je pro přehlednost zobrazena níže.

Příklad vyhledávací funkce:

=SVYHLEDAT(\$Y\$1;Export!\$F\$2:\$ED\$41;44;0)

Uvedená funkce slouží k vyhledání pořadového čísla vzorku, které je vybráno a uvedeno v buňce „Y1“, v prvním sloupci vybrané tabulky na listě „Export“. Po nalezení pořadového čísla vybere hodnotu, která se nachází ve 44. sloupci dané tabulky ve stejném řádku.

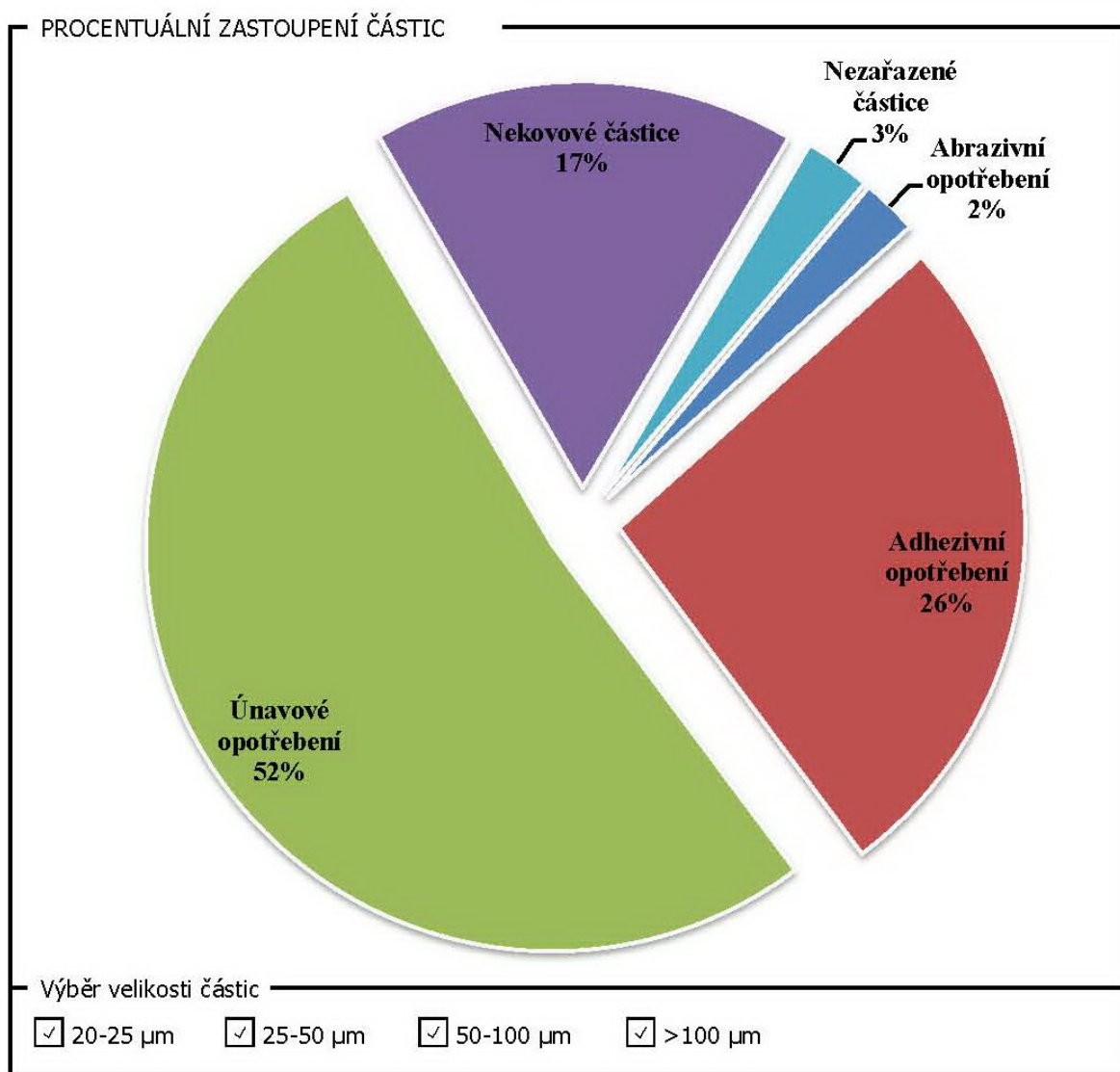
Vstupní hodnoty grafu se nacházejí pod buňkou „AE1“, která je propojená s ovládacími prvky. Na základě hodnoty buňky „AE1“ se vyplní vstupní data grafu pro aktuální vzorek. Opět je zde použita funkce vyhledávání k nalezení potřebných dat. Data se v tomto případě vyhledávají v tabulce, která je umístěná na stejném listě.

Obdobně jsou vyplněna i data grafu pro předcházející a následující vzorek, jen s tím rozdílem, že se vyhledává hodnota o jednu menší, respektive větší než je pořadové číslo vzorku v buňce „Y1“.

Popisovaný graf zobrazuje jak hodnoty aktuálně vybraného vzorku analýzy, tak hodnoty vzorku předchozího a následujícího. Díky této funkci lze rychle vyhodnotit rostoucí nebo klesající tendenci množství částic.

4.5.2. Graf procentuálního zastoupení částic

Pro další grafické zpracování dat výsledků analýzy je použit výsečový graf. Graf se nachází v pravé části hlavního okna uživatelského prostředí. Na spodním obrázku 15 je zobrazen výsečový graf, který znázorňuje procentuální zastoupení částic jednotlivých druhů opotřebení a druhů částic vybraného vzorku analýzy. Jako první graf, tak i tento graf může být jednoduše uživatelem měněn. Změny lze provádět nabídkou, která se nachází pod grafem. V nabídce se nachází čtyři rozdělení podle rozmezí maximální velikosti částic.

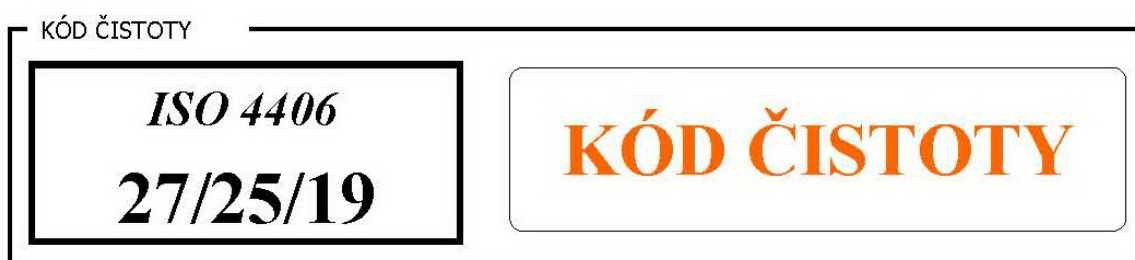


Obrázek 15 - Graf procentuálního zastoupení částic

Nabídka velikostí částic je složena ze čtyř zaškrťavajících políček. Vstupními daty grafu jsou sumy daných velikostí. Zaškrtnutím políčka se do vstupních hodnot grafu přidají hodnoty vybraného rozmezí velikostí. Políčka je možno libovolně kombinovat.

4.5.3. Graf znečištění kapalin

Pomocí přepínacího tlačítka (obrázek 16), které je umístěno v pravé spodní části hlavního okna, má uživatel možnost se přepnout do okna, kde se nachází třetí graf sloužící k informování o vývoji znečištění kapaliny (obrázek 17).



Obrázek 16 - Kód čistoty podle normy ISO 4406:1999

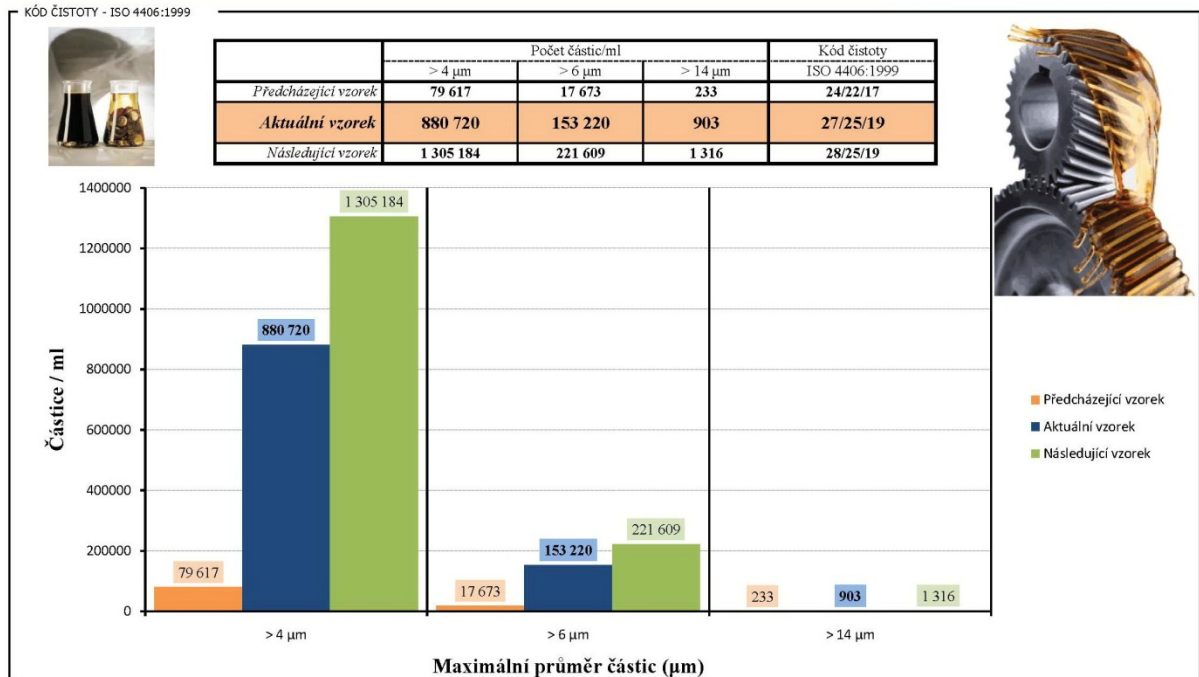
Tento graf slouží k informacím o vývoji znečištění kapaliny. Pomocí těchto informací lze hodnotit řadu parametrů. Oblast grafu obsahuje tabulku, která zobrazuje kód čistoty dle ISO 4406:1999 aktuálního vzorku, předcházejícího a následujícího. Dále obsahuje údaje o počtu částic v 1 ml vzorku podle velikosti, která je dána normou ISO 4406:1999.

V tabulce umístěné nad grafem je použita funkce pro sloučení dat z více buněk do jedné. Použitím zmíněné funkce v posledním sloupci tabulky je možné vidět kód čistoty zapsaný v jedné buňce.

Příklad funkce pro sloučení dat:

```
=CONCATENATE('ISO-CZ!'AM31;'/';'ISO-CZ!'AN31;'/';'ISO-CZ!'AO31)
```

Funkce slučuje obsah tří buněk („AM31“, „AN31“ a „AO31“) do jedné buňky. Mezi jednotlivé obsahy buněk je vloženo lomítko (/), aby výsledkem byl zápis kódu čistoty, jak udává norma 4406:1999.




Obrázek 17 - Graf znečištění analyzovaného vzorku a tabulka kódu čistoty

4.6. Souhrn opotřebení

K celkovému přehledu opotřebení slouží tabulka zobrazená na následujícím obrázku, ve které jsou uvedeny informace o druzích opotřebení a jejich vlastností. Je zde uveden údaj o celkovém množství částic v 1 ml vzorku, dále pak průměrná velikost, směrodatná odchylka a maximální průměr.

SOUHRN ČÁSTIC VĚTŠÍCH NEŽ 20 μm

Vzorek číslo: 4				
	Počet/ml	Průměrná velikost (μm)	Směrodatná odchylka (μm)	Max velikost (μm)
<i>Abrázivní opotřebení</i>	63,74	28,54	12,35	65,23
<i>Adhezivní opotřebení</i>	748,79	25,41	6,54	53,07
<i>Únavové opotřebení</i>	1469,22	23,88	4,98	71,30
<i>Nekovové částice</i>	477,34	25,30	14,22	144,85
<i>Nezařazené částice</i>	74,54	23,87	2,71	30,61
<i>Vlákna</i>	23,94			

Obrázek 18 - Tabulka se souhrnnými výsledky analyzovaného vzorku

5. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zpracování dat z tribotechnického klasifikátoru částic LaserNet Fines. Z teoretického hlediska bylo při řešení využíváno elementů disciplíny tribologie, což je věda zabývající se třením, mazáním a opotřebením. Z hlediska praktického byl při řešení použit tabulkový procesor MS Excel. K řešení byl použit programovací jazyk Visual Basic for Applications, který je základem pro tvorbu maker v MS Excel.

Jedním z hlavních úkolů řešení byla úspora času při zpracování výsledků dat analýz z tribotechnického klasifikátoru částic LaserNet Fines. Dalším úkolem, pro jednoduché ovládání navržené aplikace, bylo použití poměrně velmi rozšířeného tabulkového procesoru MS Excel, který se v dnešní době nachází prakticky v každém počítači a je mezi uživateli velmi oblíben.

Základním krokem pro zpracování dat bylo jejich načtení ze souboru vygenerovaného z originálního software LaserNet Fines. Následujícím krokem bylo rozdělení načtených dat podle předem daných parametrů. Na konec bylo vytvořeno uživatelské rozhraní, pomocí kterého si uživatel může zobrazovat zvolené charakteristiky uložených dat z analýzy jak v grafické, tak i číselné podobě.

V závěru lze konstatovat, že zadaný úkol byl vyřešen a že navržená aplikace zvládá zpracování základních dat tribotechnického klasifikátoru částic LaserNet Fines. V originálním software klasifikátoru částic LaserNet Fines jsou uživateli prezentovány v grafické podobě pouze zpracované výsledky současného a předcházejícího vzorku analýzy. V navržené aplikaci jsou uživateli zobrazeny graficky zpracované výsledky pro předcházející, současný a následující vzorek. Tím má lepší možnost sledovat vývoj opotřebením nebo částic v analyzovaných vzorcích. Mezi další přednosti navržené aplikace patří i možnost uložení výsledků zpracovaných dat analýz do celosvětově uznávaného formátu „PDF“. Výsledky v tomto formátu jsou nejen lehce přenositelné, ale i vhodné k archivaci nebo tisku. Díky použití již zmíněného tabulkového procesoru MS Excel se celá aplikace stává nejen velmi mobilní, ale zároveň i snadno ovladatelnou pro každého uživatele.

6. SEZNAM LITERATURY

V níže uvedeném seznamu se nachází všechny prameny, ze kterých jsem citoval a čerpal. Seznam použité literatury je seřazen v pořadí knihy, odborné publikace, články, normy a reklamní materiály.

- [1] BREDEN, M.; SCHWIMMER, M. *Excel 2007 VBA - Velká kniha řešení*. Brno : Computer Press, 2009. 685 s. ISBN 978-80-251-2698-1.
- [2] BROŽ, M. *Microsoft Office : Vzorke, funkce a výpočty*. Praha : Computer Press, 2006. 568 s. ISBN 80-251-1088-5.
- [3] DODGE, M.; STINSON, C. *Mistrovství v MS Office Excel 2007*. Brno : Computer Press, 2008. 936 s. ISBN 978-80-251-1980-8.
- [4] WALKENBACH, J. *Microsoft Office Excel 2007 : Programování ve VBA*. Brno : Computer Press, 2008. 912 s. ISBN 978-80-251-2011-8.
- [5] WALKENBACH, J. *Microsoft Office : Excel 2007 Bible*. Indianapolis : Wiley Publishing, 2007. 914 s. ISBN 978-0-470-04403-2.
- [6] ALEŠ, Z., PEXA, M.: *Diagnostika maziv s využitím laserového analyzátoru LaserNet Fines®-C*, Strojírenská technologie, Ústí nad Labem, 2010, ročník 14, s. 8 - 11. ISSN 1211-4162.
- [7] ALEŠ, Z.: *Tribologické vlastnosti převodových olejů*, Disertační práce, Praha, Technická fakulta ČZU, 2010. 105 s.
- [8] NOVÁČEK, V. Tribologie a tribotechnika. *Strojárstvo / Strojírenství*. 2006, 3, s. 6 - 7. Dostupný také z WWW: <<http://www.strojarstvo.sk/inc/casopis/032006/6-7.pdf>>.
- [9] NOVÁČEK, V. Sledování znečištění průmyslových olejů. *Tribotechnika* [online]. 2009, 2, [cit. 2010-04-06]. Dostupný z WWW: < <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-22009/sledovani-znecisteni-prumyslovych-oleju.html> >.

- [10] Tribotechnická diagnostika. *Technický týdeník* [online]. 2007, 19, [cit. 2010-04-06]. Dostupný z WWW:< <http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=3198&mark=>>.
- [11] ČSN ISO 4406 : *Hydraulické kapaliny - Kapaliny - Metoda kódování úrovně znečištění pevnými částicemi*. Praha : Český normalizační institut, 2006. 12 s.
- [12] INSTRUCTION MANUAL. *LaserNet Fines - C: User Operation and Maintenance*. Akron, Ohio U.S.A. : Lockheed Martin, 2006. 88 s.
- [13] *Přístroje pro prediktivní údržbu pomocí analýzy oleje a paliva – produktový katalog* [online]. Dostupný z WWW:<www.spectro.cz/download/spectro_its_prehled_produkту_cz.pdf>.

7. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Klasifikátor částic LaserNet Fines®-C [12]	7
Obrázek 2 - Pohled na celu během analýzy [7]	10
Obrázek 3 - Základní údaje analyzovaného vzorku [7]	11
Obrázek 4 - Záložky s informacemi o analyzovaném vzorku [7]	11
Obrázek 5 - Nabídka záložek v záložce Hydraulické kapaliny (Hydraulic) [7].....	11
Obrázek 6 - Základní výsledky z analýzy [7].....	13
Obrázek 7 - Spodní část hlavního okna [7]	13
Obrázek 8 - Trend vývoje částic o velikosti 5-15 μm [7].....	15
Obrázek 9 - Zobrazení částic obsažených v analyzovaném vzorku [7]	16
Obrázek 10 - Detail vybrané částice (vlákno) [7].....	17
Obrázek 11 - Hlavní ovládací tlačítka	19
Obrázek 12 - Základní informace o vzorku analýzy	22
Obrázek 13 - Informace o aktuálně vybraném vzorku	23
Obrázek 14 - Graf sledovaných ukazatelů.....	24
Obrázek 15 - Graf procentuálního zastoupení částic	26
Obrázek 16 - Kód čistoty podle normy ISO 4406:1999	27
Obrázek 17 - Graf znečištění analyzovaného vzorku a tabulka kódu čistoty.....	28
Obrázek 18 - Tabulka se souhrnnými výsledky analyzovaného vzorku	28

Příloha 1: Přřazení kódových čísel podle ISO 4406:1999

<i>Počet částic v mililitru</i>		<i>Kódové číslo</i>
<i>Více než</i>	<i>Do a včetně</i>	
2 500 000		>28
1 300 00	2 500 000	28
640 000	1 300 00	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
2,5	5	9
1,3	2,5	8
0,64	1,3	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

Příloha 2: Požadavky na ředění vzorků v závislosti na viskozitě

<i>Označení kapaliny</i>	<i>Použití</i>	<i>Viskozitní třída ISO VG</i>	<i>Kinematická viskozita při 40°C (mm²·s⁻¹)</i>	<i>Ředění – počet objemových dílků oleje na 1 dílek ředidla</i>
10W	Automobilový olej	32	32	-
10W-30	Automobilový olej	68	68	-
10W-40	Automobilový olej	100	100	-
15W-40	Automobilový olej	100	100	-
20W-50	Automobilový olej	150	150	-
40	Automobilový olej	150	150	-
50	Automobilový olej	220	220	10
90	Převodový olej	220	220	10
140	Převodový olej	460	460	6
80W-140	Převodový olej	220	220	10
DEXRON II Mineral	Převodový olej	-	36	-
ISO 22	Hydraulická kapalina	22	22	-
AGMA#6	Převodový olej	320	320	6
AGMA#10	Převodový olej	3200	3200	1
ISO 320	Převodový olej	320	320	8

Příloha 3: Hlavní okno navrženého uživatelského prostředí

9:17 13.4.2010

Vzorek číslo: **4**

Datum vzorku: 4.12.2008

Pracovních hodin (mil): 504

Stáří vzorku (dny): 21

Základní informace

Datum prvního vzorku 13.11.2008

Datum posledního vzorku 30.5.2009

Celkový počet vzorků 16

Zákazník KJSS

Zařízení NORDBLOCK 02

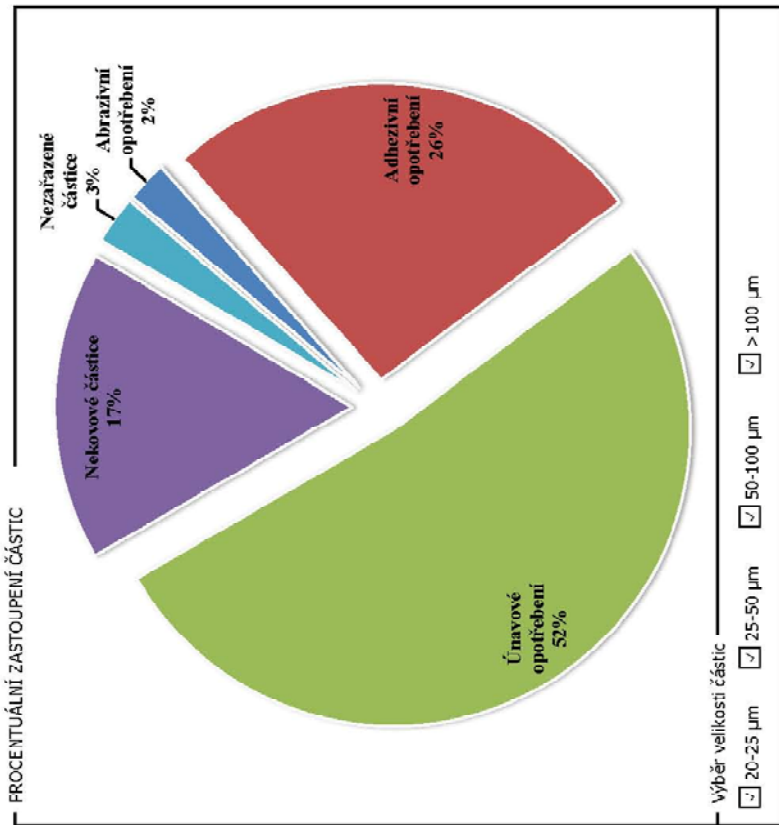
Pracovník (ID) ZDENEK ALES

NAČTI

ULOŽ

VYMAŽ

TISK



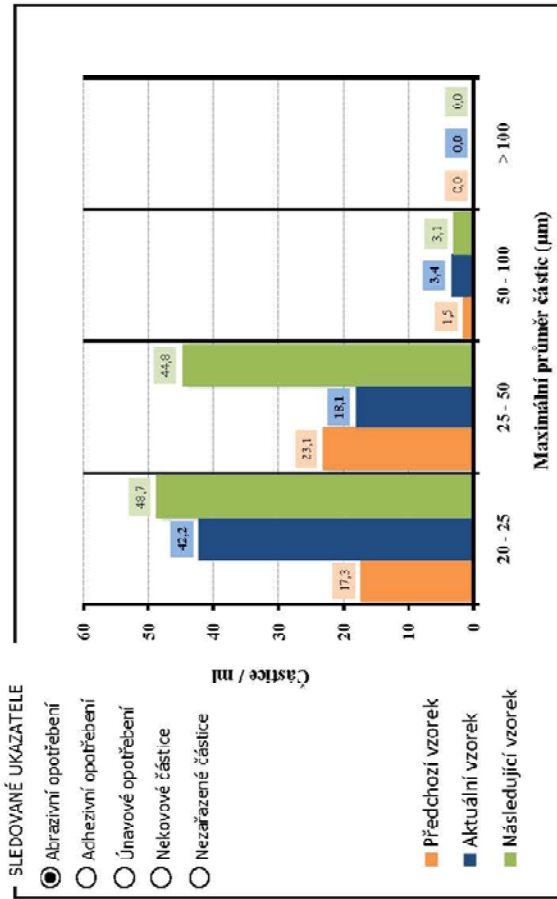
KÓD ČISTOTY

ISO 4406

27/25/19

KÓD ČISTOTY

KÓD ČISTOTY



SOUHRN ČÁSTIC VĚTŠÍCH NEŽ 20 μm

Vzorek číslo: 4				
	Počet/ml	Průměrná velikost (μm)	Směrodatná odchylka (μm)	Max velikost (μm)
Abrazivní opotřebení	63,74	28,54	12,35	65,23
Adhezivní opotřebení	748,79	25,41	6,54	53,07
Únavové opotřebení	1469,22	23,88	4,98	71,30
Nekovové částice	477,34	25,30	14,22	144,85
Nezařazené částice	74,54	23,87	2,71	30,61
Všchna	23,94			

Příloha 4: Použité funkce a jejich stručný popis

- **CONCATENATE(text1;text2;...)** – sloučí několik textových řetězců do jednoho. [3]
- **KDYŽ(podmínka;ano;ne)** – ověří, zda je podmínka splněna, a vrátí jednu hodnotu, jestliže je výsledek hodnota PRAVDA, a jinou hodnotu, pokud je výsledek hodnota NEPRAVDA. [3]
- **MAX(číslo1;číslo2;...)** – vrátí maximální hodnotu množiny hodnot. [2]
- **MIN(číslo1;číslo2;...)** – vrátí minimální hodnotu množiny hodnot. [2]
- **SUMA(číslo1;číslo2;...)** – sečte všechna čísla v oblasti buněk. [2]
- **SVYHLEDAT(hledat;tabulka;slopec;typ)** – vyhledá hodnotu v krajním levém sloupci tabulky a vrátí hodnotu ze zadaného sloupce ve stejném řádku. [3]
- **VYHLEDAT(co;hledat;výsledek)** – vyhledá požadovanou hodnotu v matici nebo v oblasti obsahující jeden řádek nebo jeden sloupec. [3]
- **ZVOLIT(index;hodnota1;hodnota2;...)** – zvolí hodnotu nebo akci, která má být provedena, ze seznamu hodnot na základě zadaného argumentu Index. [3]