

Formování tloušťky filmu v elastohydrodynamicky mazaných poddajných kontaktech

Jiří Křupka

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ
Fakulta strojního inženýrství
VUT v Brně

V Brně, 23. 4. 2018

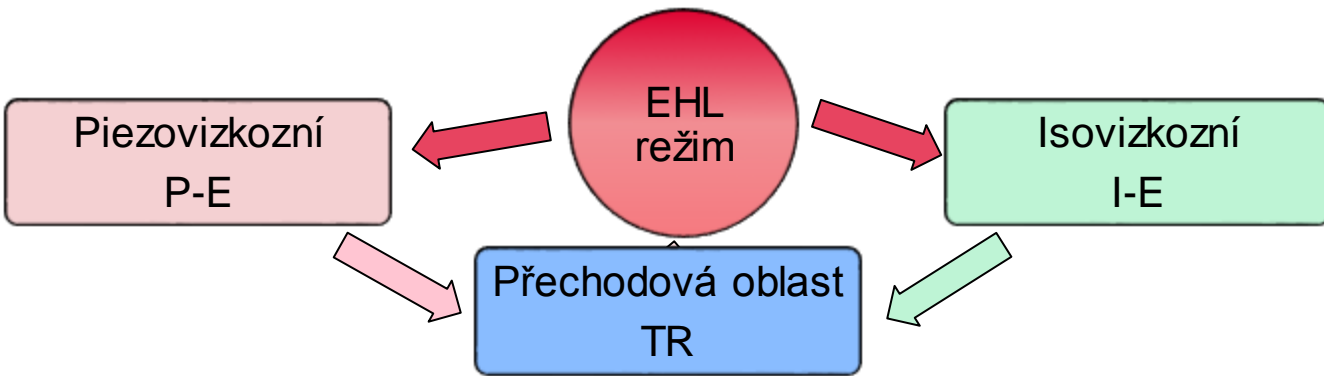


OBSAH

- Motivace pro řešení problému
- Současný stav poznání
- Analýza současného stavu poznání
- Cíl práce
- Vědecké otázky a hypotézy
- Postup řešení
- Spolupráce s jinými institucemi
- Předpokládané výstupy



MOTIVACE PRO ŘEŠENÍ PROBLÉMU

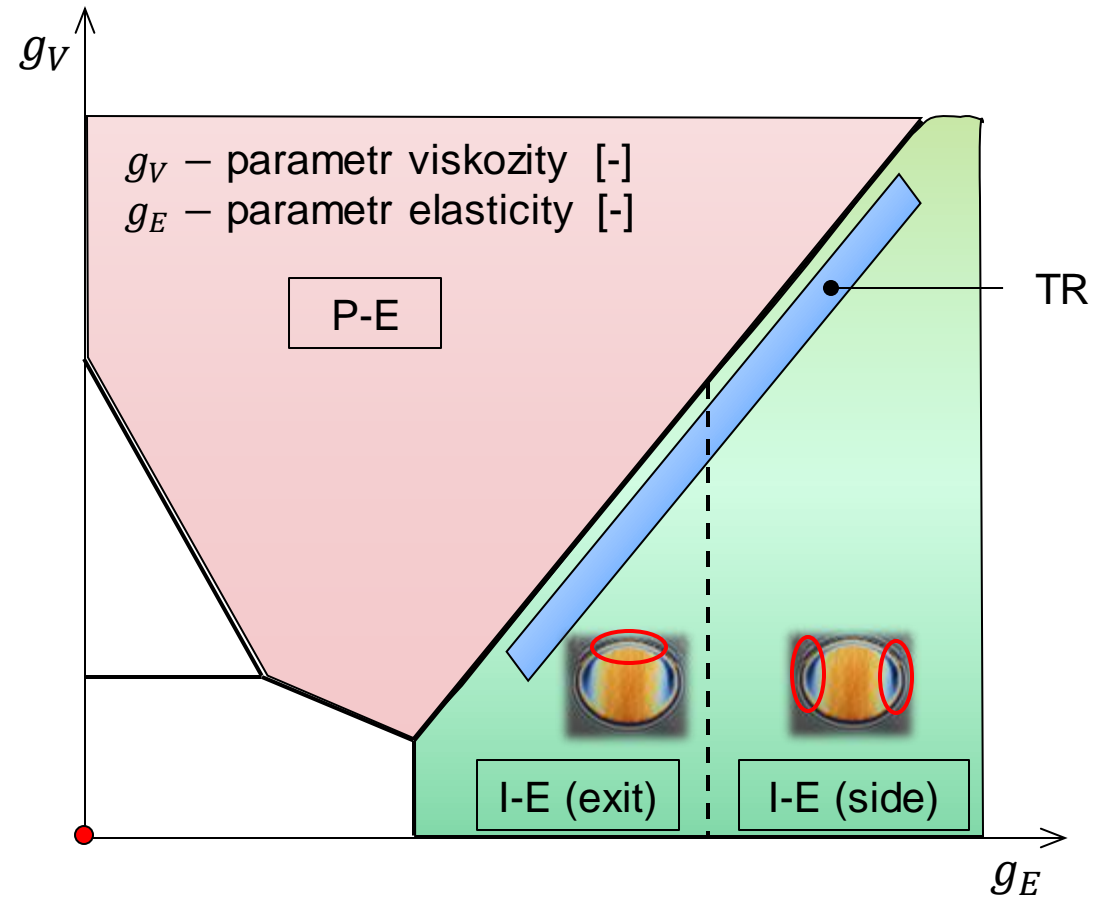


Ocelové ozubení

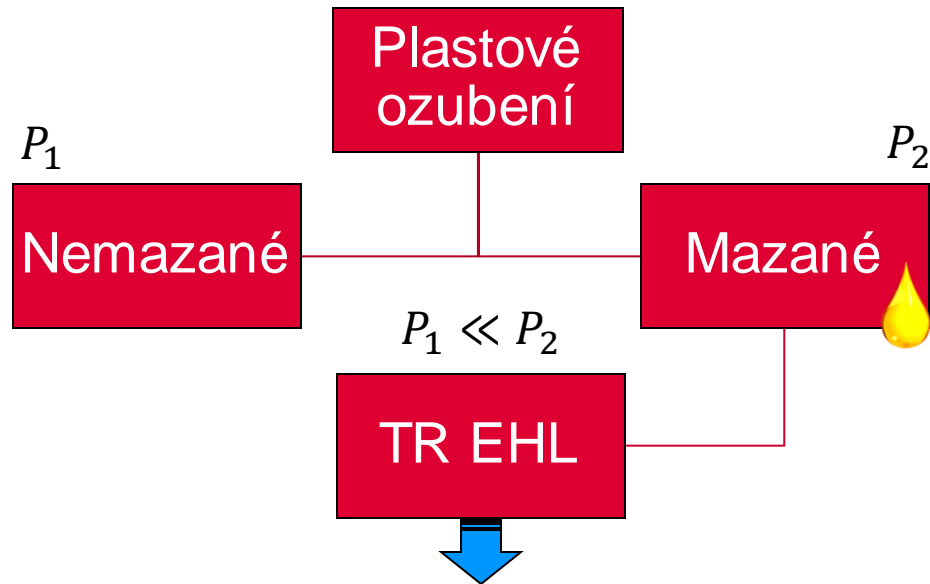


Plastové ozubení

Hydrodynamická mapa režimů EHL



MOTIVACE PRO ŘEŠENÍ PROBLÉMU



Výhody plastového ozubení

- Nízké výrobní náklady,
- Nízká hmotnost,
- Nízké opotřebení,
- Vlastnost pracovat za určitých podmínek bez přítomnosti externího maziva.

Mazaní plastového ozubení v oblasti TR EHL

- Objasnění problematiky, která nebyla dosud dostatečně experimentálně prozkoumána vlastní výzkum → nové poznatky o velikosti a rozložení tloušťky mazacího filmu.
- Zajištění optimálních podmínek procesu mazání při provozu plastového ozubení.
- Snaha o rozšíření použití plastového ozubení v zařízeních pracujících za vysokých zatížení a rychlostí.



SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Vývoj problematiky soft EHL

40-50 léta
20. stol

1968

Herrebrugh

1970

Johnson

1972

Hooke a
O'donoghue

1978

Hamrock
a Dowson

Počátek použití polymerních materiálů ve strojírenském průmyslu.

První numerické predikce a experimenty v oblasti isovizkozního režimu mazání (soft EHL).

Metodologie pro řešení soft EHL kontaktu.

Stanovení výrazů pro výpočet minimální a centrální tloušťky mazacího filmu.

Formování tloušťky mazacího filmu v elastohydrodynamicky mazaných poddajných kontaktech.

$$H_{cent} = \frac{h_{cent}}{R'} = 7,32 \cdot (1 - 0,72 \cdot e^{-0,28 \cdot k}) \cdot \bar{U}^{0,64} \cdot \bar{W}^{-0,22}$$

$$H_{min} = \frac{h_{min}}{R'} = 7,43 \cdot (1 - 0,85 \cdot e^{-0,31 \cdot k}) \cdot \bar{U}^{0,65} \cdot \bar{W}^{-0,22}$$

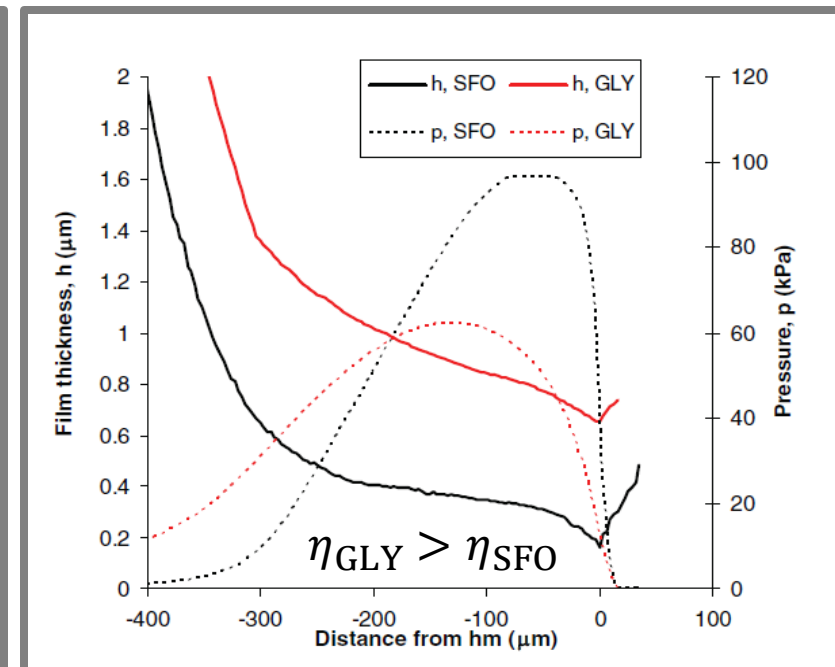
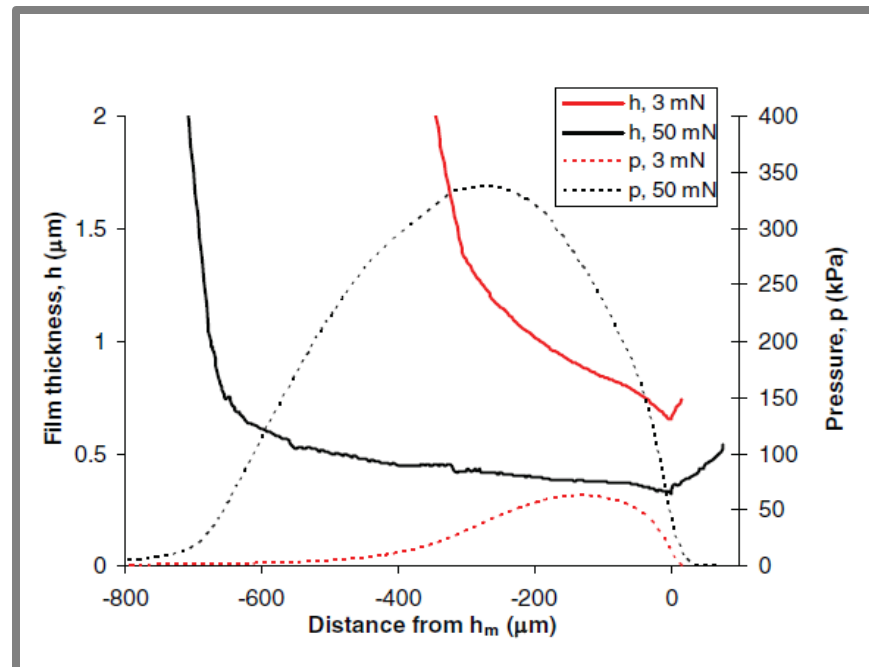
SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Vliv zatížení a viskozity maziva

2010

Myant

- Měření tloušťky mazacího filmu a tlaku v soft EHL oblasti za různých podmínek zatížení.
- Kontakt: ocelová kulička s nanesenou vrstvou polymeru PDMS / disk BK7.



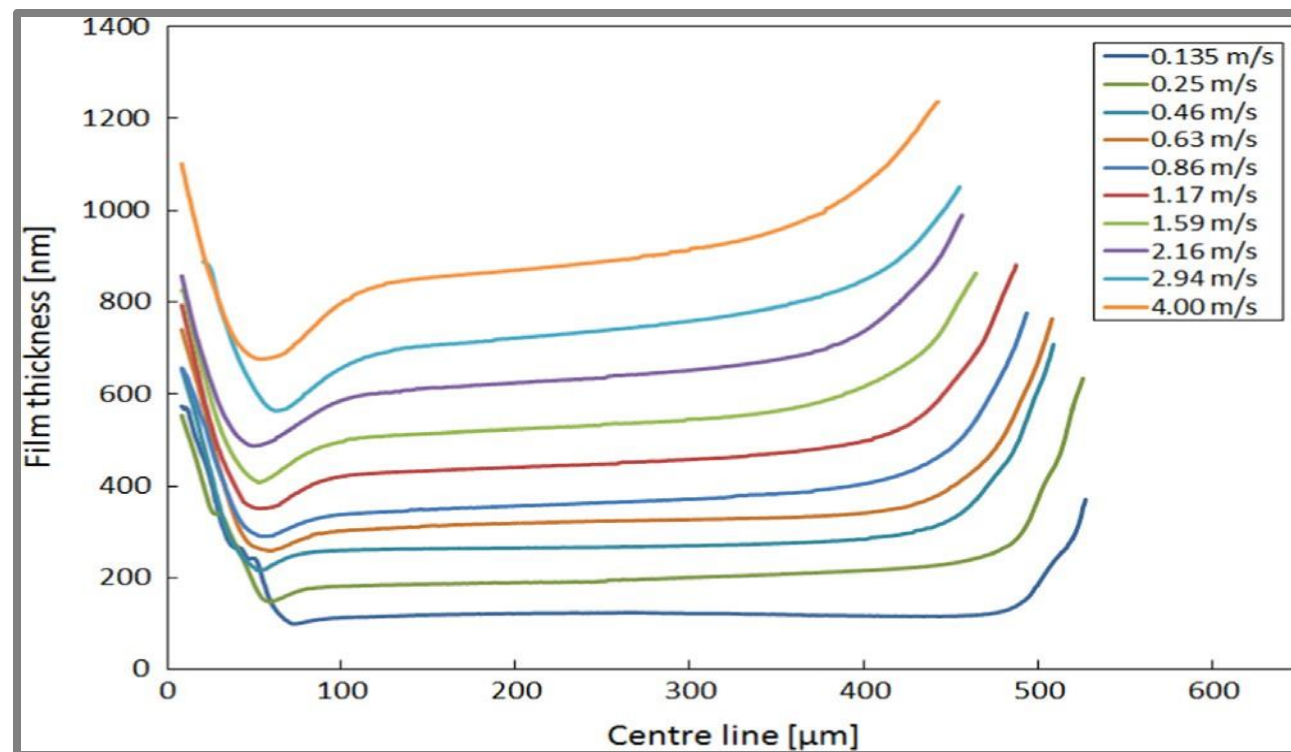
$$H_{cent} = \frac{h_{cent}}{R'} = 3,3 \cdot \bar{U}^{0,63} \cdot \bar{W}^{-0,13}$$

SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Vliv kinematických podmínek

2016 Marx

- Měření tloušťky mazacího filmu v přechodové oblasti TR za odlišných kinematických podmínek.
- Kontakt: ocelová kulička / PMMA disk.

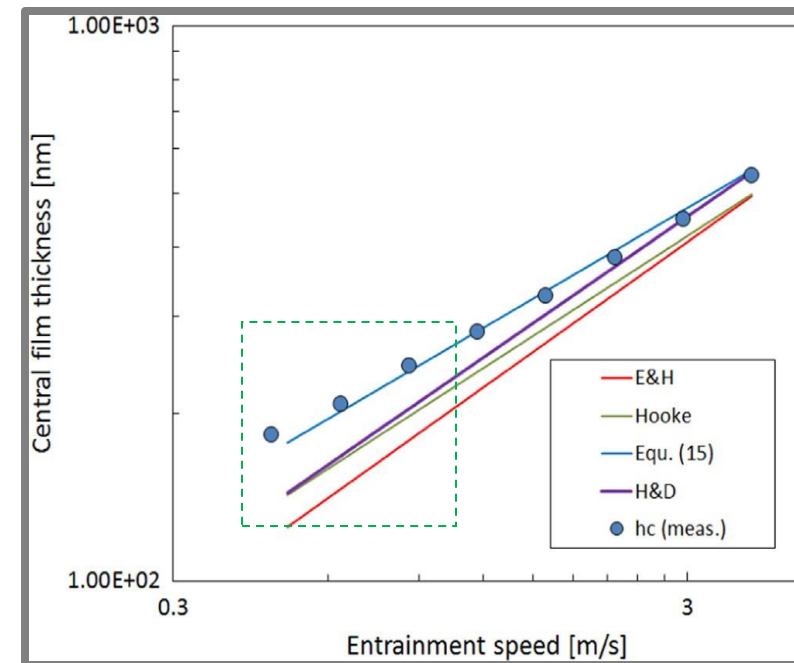
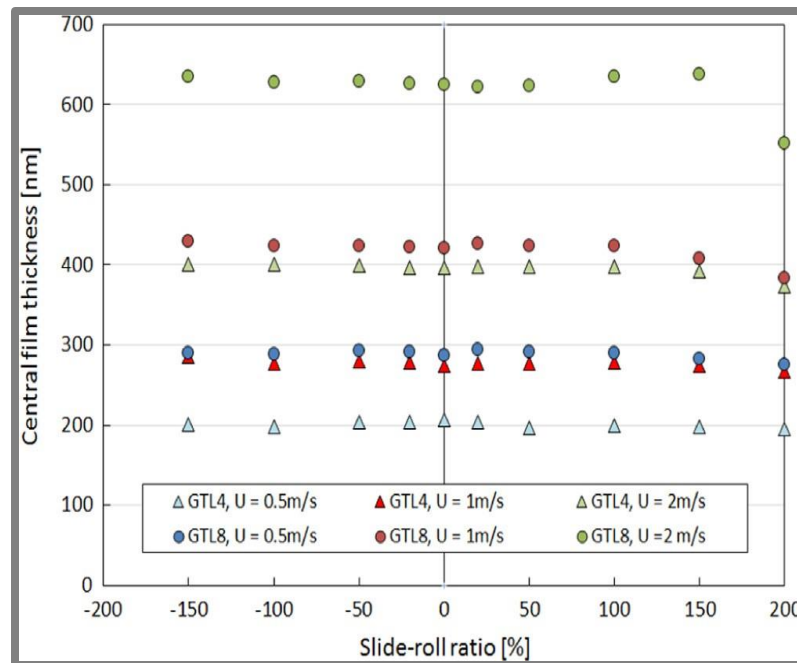


SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Vliv kinematických podmínek a viskozity

2016 Marx

- Měření tloušťky mazacího filmu v přechodové oblasti TR za odlišných kinematických podmínek.
- Kontakt: ocelová kulička/ PMMA disk.



$$\eta_{GTL8} > \eta_{GTL4}$$

ZHODNOCENÍ POZNATKŮ ZÍSKANÝCH NA ZÁKLADĚ REŠERŠE

- V případě přechodové oblasti TR EHL je množství známých informací a skutečností o procesu mazání minimální, což představuje tzv. bílé místo v oblasti teorie elastohydrodynamického mazání.
- Chybí vyjádření závislostí na kinematických podmínkách, zatížení, tlakově vizkozním koeficientu, parametru elipticity a teplotě na formování mazacího filmu v přechodové oblasti TR EHL.
- S výjimkou experimentální studie provedené Marxem nebyla metoda optické interferometrie doposud aplikována u soft kontaktů v přechodové oblasti TR EHL za účelem analyzování tloušťky mazacího filmu.
- Numerické studie tloušťky filmu v oblasti soft byť byly provedeny, nebyly dosud dostatečně experimentálně validovány.

CÍL PRÁCE

Hlavní cíl:

- Cílem disertační práce je objasnění vlivu zatížení a kinematických podmínek na mazací proces, respektive na formování tloušťky mazacího filmu u soft EHL kontaktu pracujícího v přechodové oblasti EHL použitím metody optické interferometrie.

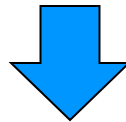
Dílčí cíle práce:

- Implementace optických metod pro analýzu utváření mazacího filmu v kontaktu ocel/polymer.
- Objasnění vlivu tlakově viskózního koeficientu na tvorbu tloušťky mazacího filmu.
- Objasnění vlivu kinematických parametrů a zatížení na tvorbu tloušťky mazacího filmu.
- Objasnění vlivu teploty na formování mazacího filmu.

VĚDECKÉ OTÁZKY A PRACOVNÍ HYPOTÉZY

Vědecká otázka č. 1

„Dle predikcí dochází při působení skluzové složky rychlosti ke zvýšení tření a teploty v kontaktu, což v důsledku ovlivní tloušťku mazacího filmu. Jak se projeví účinek skluzové rychlosti na formování mazacího filmu vně přechodové oblasti TR EHL?“



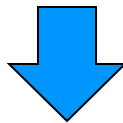
Pracovní hypotéza č. 1

„S růstem skluzové rychlosti dochází u kontaktu v přechodové oblasti ke zvýšení množství tepla, které je disipováno uvnitř filmu a tím současně i k růstu teploty. Následkem je ovlivnění formování mazacího filmu v kontaktu. Nárůst teploty povede ke snížení viskozity maziva a tím ke snížení minimální tloušťky mazacího filmu“

VĚDECKÉ OTÁZKY A PRACOVNÍ HYPOTÉZY

Vědecká otázka č. 2

Jak se projeví vliv unášivé rychlosti na centrální tloušťce mazacího filmu v přechodové oblasti TR EHL?



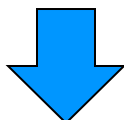
Pracovní hypotéza č. 2

„Centrální tloušťka mazacího filmu v oblasti TR EHL je při vysokém poměru skluzové rychlosti ku unášivé rychlosti více konstantní. Rozložení tlaku v mazivu je obdobné jako u hard EHL s konstrikcí na výstupu z kontaktu. Minimální tloušťka mazacího filmu se za nízkých rychlostí objeví v oblasti bočních laloků, odkud s rostoucí rychlostí přechází, do výstupní oblasti z kontaktu.“

VĚDECKÉ OTÁZKY A PRACOVNÍ HYPOTÉZY

Vědecká otázka č. 3

„Jaká je závislost rychlosti, tlakově viskózního koeficientu maziva, modulu pružnosti a zatížení na minimální tloušťce mazacího filmu v TR EHL režimu?“



Pracovní hypotéza č. 3

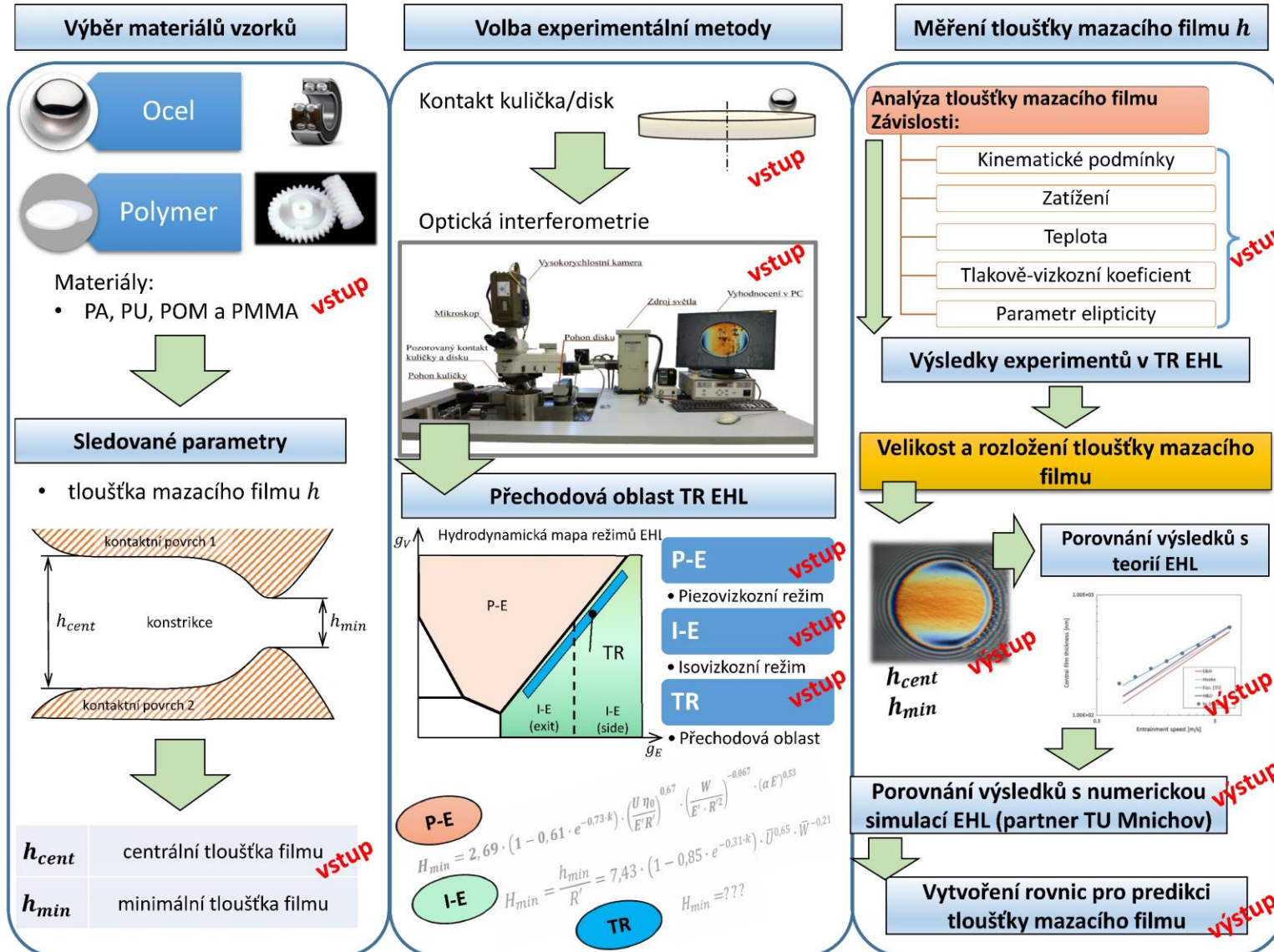
„V TR EHL oblasti je míra vlivu rychlosti, tlakově viskózního koeficientu a zatížení někde na přechodu režimů mezi soft a hard EHL. Trend rostoucí tloušťky je spojen se zvyšující se unášivou rychlostí, kterou lze kromě hard EHL očekávat rovněž za podmínek provozu kontaktu v přechodové oblasti. Interval velikosti tlakově viskózního koeficientu pro přechodovou oblast je očekáván mezi režimy soft a hard EHL, čímž je zahrnut účinek maziva. Vlivem nízkého modulu pružnosti polymerů bude možné pozorovat zvýšení tloušťky filmu oproti hard EHL kontaktu. Oproti tomu rostoucí zatížení způsobí pokles tloušťky filmu, který bude výraznější při podmínkách blízkých soft EHL kontaktu.“

PROCES REALIZACE

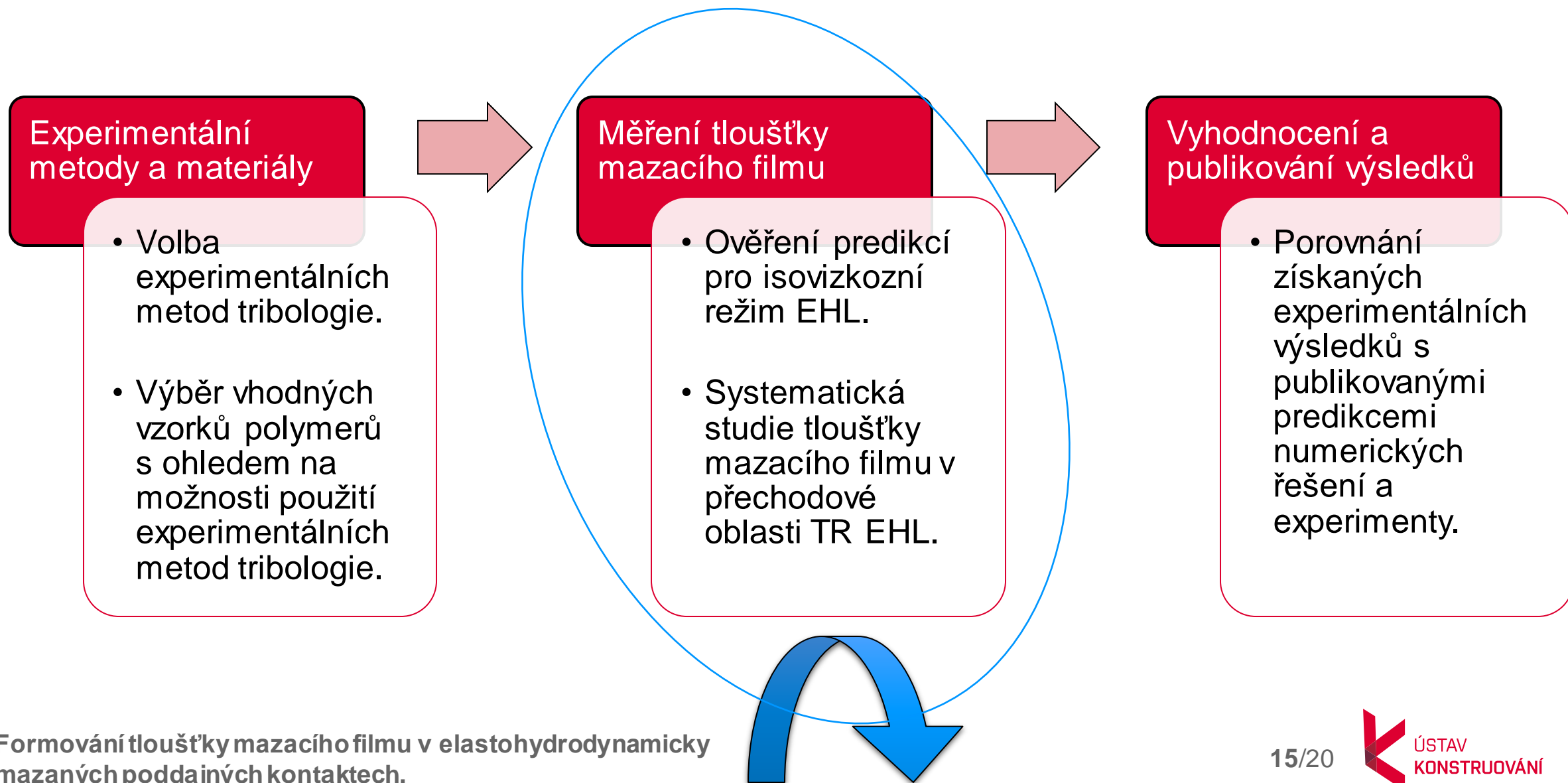
- Výběr materiálů vzorků
- Sledované parametry
- Volba experimentální metody

- Přechodová oblast TR EHL
- Rovnice popisující tloušťku mazacího filmu v hard EHL
- Rovnice popisující tloušťku mazacího filmu v soft EHL

- Měření tloušťky mazacího filmu
- Výsledky experimentů v TR EHL
- Porovnání výsledků s soft a hard EHL



PROCES REALIZACE



PROCES REALIZACE

Měření tloušťky mazacího filmu:

1

- Kinematické podmínky
- Zatížení

2

- Vliv 1
- Různá viskozita maziva

3

- Vliv 1 + vliv 2
- Různé polymerní materiály

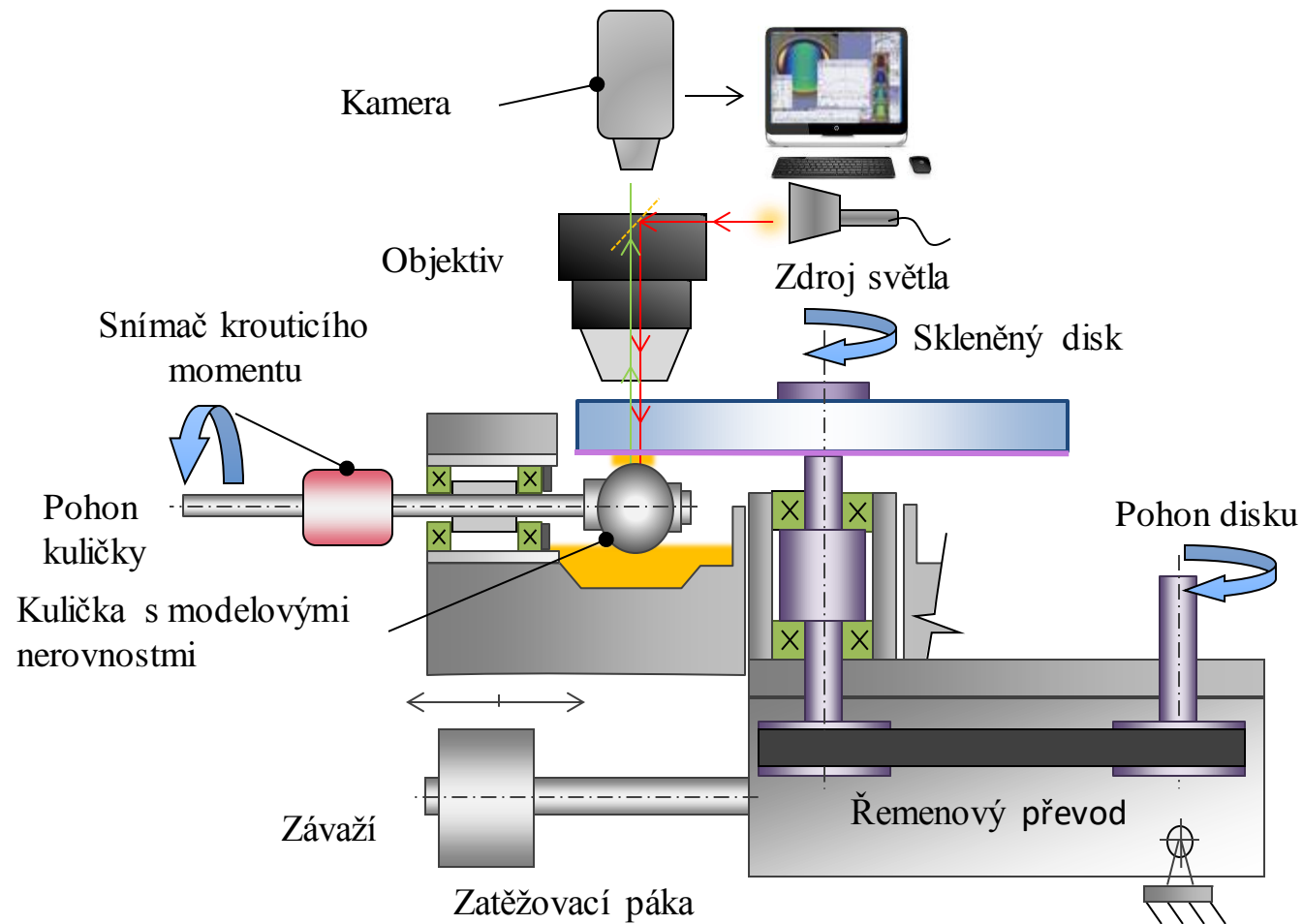


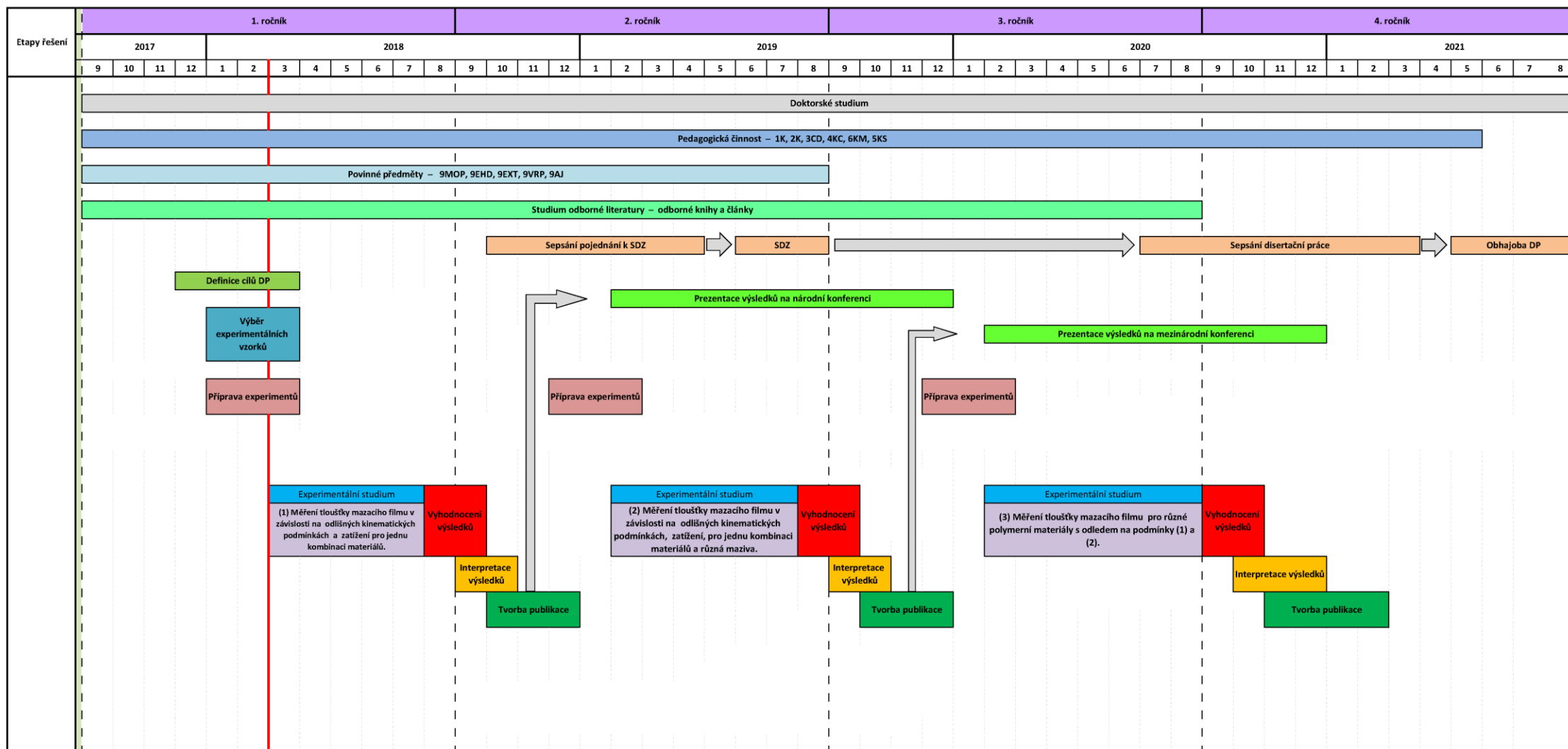
Schéma optického tribometru

PŘEDPOKLÁDANÁ SPOLUPRÁCE S JINÝMI INSTITUCEMI

- Technical University Munich (**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karsten Stahl**),
- Gear Research Centre (FZG),
- RWTH Aachen University (**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kirsten Bobzin**),
- Surface Engineering Institute (IOT)



ČASOVÝ ROZVRH A PŘEDPOKLÁDANÉ VÝSTUPY



VÝSTUPY DISERTAČNÍ PRÁCE

- Přílohová forma disertační práce
 - Publikace minimálně tři článků v impaktovaném časopise
 - Wear (IF=2,531)
 - Tribology International (IF=2,903)
 - Tribology Transaction (IF=1,756)
 - Prezentace výsledků na národních a mezinárodních konferencích



DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST

Jiří Křupka

Jiri.Krupka@vut.cz



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz