



## Zverejnenie informácií o HABILITAČNOM konaní v zmysle §76 ods. 10 a 11 zákona 131/2002 Z. z.

<b>Meno, priezvisko, rodné priezvisko:</b>	<b>Petra SZARYSZOVÁ, (rod. Pešáková)</b>
Akademické tituly, vedecko-pedagogické tituly, umelecko-pedagogické tituly, vedecké hodnosti:	Ing., PhD.
Dátum doručenia žiadosti o habilitačné konanie:	13.03.2026
Dátum, od ktorého je habilitačné konanie prerušené, a lehota, v ktorej majú byť odstránené nedostatky žiadosti:	
<b>1. Údaje z profesijného životopisu</b>	
a) Rok narodenia:	1984
b) Údaje o vysokoškolskom vzdelaní, ďalšom akademickom raste a absolvovanom ďalšom vzdelávaní:	<b>2009 – 2012 Vysokoškolské vzdelanie 3. stupňa</b> študijný odbor: 3.3.16 ekonomika a manažment podniku, v študijnom programe ekonomika a manažment podniku Podnikovohospodárska fakulta Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach  <b>2002 – 2007 Vysokoškolské vzdelanie 1. a 2. stupňa</b> študijný odbor: 3.3.16 ekonomika a manažment podniku, v študijnom programe ekonomika a manažment podniku, Podnikovohospodárska fakulta Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach
c) Údaje o priebehu zamestnaní:	<b>04/2012 – súčasnosť</b> Odborná asistentka, Podnikovohospodárska fakulta Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach  <b>02/2019 – 07/2021</b> Prodekanka pre vzdelávanie, Podnikovohospodárska fakulta Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach  <b>10/2015 – 02/2019</b> Tajomníčka Katedry manažmentu, Podnikovohospodárska fakulta Ekonomickej univerzity v Bratislave so sídlom v Košiciach
a priebehu pedagogickej činnosti:	Ekonomická univerzita v Bratislave, Podnikovohospodárska fakulta so sídlom v Košiciach: - Katedra ekonómie a manažmentu Podnikové plánovanie, Biznis etiketa, Manažérske teórie, Manažment inovácií, Manažerstvo kvality v integrovanom systéme



	<p>- Katedra manažmentu Manažment/Základy manažmentu, Riadenie ľudských zdrojov, Manažment kvality/Manažérstvo kvality v integrovanom systéme, Strategický manažment, Firemné plánovanie/Podnikové plánovanie, Akreditácia, certifikácia a auditovanie, Ekonomické aspekty environmentálneho manažérstva, Udržateľný rozvoj, Spoločenský protokol a obchodné rokovania, Podnikateľská etika, Manažérske teórie, Manažérske rozhodovanie</p>
d) Údaje o odbornom alebo umeleckom zameraní (špecializácia):	manažérska teória a prax, podnikové plánovanie, manažment inovácií, manažérstvo kvality, environmentálne manažérstvo a digitálna ekonomika v kontexte udržateľnosti a efektívnosti podniku
e) Údaje o publikačnej činnosti (sumár):	<a href="#">Príloha č. 1</a>
f) Ohlasy na vedeckú alebo umeleckú prácu:	<a href="#">Príloha č. 2</a>
g) Počet doktorandov, ktorým uchádzač je alebo bol školiteľom (ku dňu vyhotovenia životopisu): <ul style="list-style-type: none"><li>▪ počet doktorandov školených:</li><li>▪ počet riadne skončených doktorandov:</li></ul>	
<b>2. Názov odboru habilitačného konania a inauguračného konania, v ktorom sa habilitačné konanie uskutočňuje:</b>	ekonomika a manažment podniku (v odbore ekonómia a manažment)
<b>3. Názov habilitačnej práce:</b>	Udržateľnosť slovenskej energetiky v ére Energy 4.0
<b>4. Oponenti habilitačnej práce:</b>	
a) meno a priezvisko	Silvia Megyesiová
b) akademický titul	Ing., PhD.
c) vedecko-pedagogický titul	doc.
d) umelecko-pedagogický titul	
e) pracovisko	Podnikovohospodárska fakulta Ekonomickej univerzity v Košiciach
f) zamestnanec vysokej školy, na ktorej sa habilitácia uskutočňuje	ÁNO <input checked="" type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
a) meno a priezvisko	Katarína Čulková
b) akademický titul	Ing., PhD.
c) vedecko-pedagogický titul	prof.
d) umelecko-pedagogický titul	
e) pracovisko	Technická univerzita v Košiciach
f) zamestnanec vysokej školy, na ktorej sa habilitácia uskutočňuje	ÁNO <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/>
a) meno a priezvisko	Levkulych Viktoriia
b) akademický titul	Ph.D.
c) vedecko-pedagogický titul	doc.
d) umelecko-pedagogický titul	
e) pracovisko	Uzhhorod National University



f) zamestnanec vysokej školy, na ktorej sa habilitácia uskutočňuje	ÁNO <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/>
<b>5. Členovia habilitačnej komisie:</b>	
<i>predseda:</i> a) meno a priezvisko b) akademický titul c) vedecko-pedagogický titul d) umelecko-pedagogický titul e) pracovisko f) zamestnanec vysokej školy, na ktorej sa habilitácia uskutočňuje	Michal TKÁČ RNDr., CSc. Dr. h. c., prof.  Podnikovohospodárska fakulta Ekonomickej univerzity v Košiciach ÁNO <input checked="" type="checkbox"/> NIE <input type="checkbox"/>
<i>členovia:</i> a) meno a priezvisko b) akademický titul c) vedecko-pedagogický titul d) umelecko-pedagogický titul e) pracovisko f) zamestnanec vysokej školy, na ktorej sa habilitácia uskutočňuje	Monika OSTROWSKA dr hab. prof.  Univerzita Andrzeja Frycza Modrzewskiego v Krakove ÁNO <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/>
a) meno a priezvisko b) akademický titul c) vedecko-pedagogický titul d) umelecko-pedagogický titul e) pracovisko f) zamestnanec vysokej školy, na ktorej sa habilitácia uskutočňuje	Iveta HAJDÚCHOVÁ Ing., PhD. prof.  Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra lesníckej ekonomiky a politiky ÁNO <input type="checkbox"/> NIE <input checked="" type="checkbox"/>
<b>6. Oponentské posudky:</b>	<a href="#">Príloha č. 3</a>
<b>7. Návrh habilitačnej komisie s odporúčaním udeliť alebo neudeliť uchádzačovi titul docent v odbore habilitačného konania a inauguračného konania:</b>	NÁVRH UDELIŤ titul docent <input type="checkbox"/> <a href="#">Príloha č. 4</a> NÁVRH NEUDELIŤ titul docent <input type="checkbox"/>
<b>8. Rozhodnutie vedeckej rady fakulty, vrátane jeho odôvodnenia, ak sa vypracúva, a lehota na prípadné opätovné predloženie žiadosti, ak uchádzač podľa rozhodnutia vedeckej rady podmienky nespĺňa:</b>	
<b>9. Zloženie vedeckej rady fakulty, ktorá prerokovala návrh na udelenie vedecko-pedagogického titulu „docent“:</b>	
<b>10. Prezenčná listina zo zasadnutia vedeckej rady fakulty, ktorá o žiadosti rozhodovala:</b>	<a href="#">Príloha č. 5</a> Originál prezenčnej listiny je uložený k nahliadnutiu na sekretariáte dekana. Podpisy sa anonymizujú z dôvodu ochrany osobnosti podľa § 11 a nasl. Občianskeho zákonníka.
<b>11. Dátum a dôvod skončenia habilitačného konania:</b>	
12. Ďalšie údaje o priebehu habilitačného konania:	

**Príloha č. 1****Údaje o publikačnej činnosti :**

Kategórie publikačnej činnosti	Počet
Vysokoškolské učebnice (počet/AH) <b>ACA, ACB</b>	
Skriptá a učebné texty (počet/AH) <b>BCI</b>	BCI01 - 5,13
Vedecké monografie (počet/AH) <b>AAA, AAB</b>	AAB01 - 1,46 AAB02 - 1,36 AAB03 - 2,51 Substituujem s kategóriou 2.2: ADC01 - 2021: 3.252 - IF, 0.653 - SJR, Q3 - JCR Best Q, Q1 - SJR Best Q ADM01 -2016: 0.258 - SJR, Q3 - SJR Best Q ADM02 -2023: 0.261 – SJR, Q3 - SJR Best Q
Kapitoly vo vedeckých monografiách vydané v zahraničných vydavateľstvách <b>ABC</b>	
Štúdie v časopisoch a zborníkoch charakteru vedeckej monografie vydané v zahraničných vydavateľstvách <b>ABA</b>	
Vedecké práce v domácich a zahraničných karentovaných časopisoch <b>ADC, ADD</b>	ADC02 - 2020: 1.699 - IF, 0.373 - SJR, Q4 - JCR Best Q, Q3 - SJR Best Q ADC03 - 2024: 0.713 - SJR, Q1 - SJR Best Q
Vedecké práce v domácich a zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS <b>ADM, ADN</b>	ADM03 -2017: 0.143 - SJR, Q3 - SJR Best Q ADM04 -2018 ADM05 -2019: 0.280 - SJR, Q3 - SJR Best Q ADM06 -2021: 0.344 - SJR, Q2 - SJR Best Q ADM07 -2023: 0.152 - SJR, Q4 - SJR Best Q ADM08 - 2025: - ADM09 - 2025: - ADN01 - 2015: 0.278 - SJR, Q3 - SJR Best Q ADN02 -2015: 0.282 –



	SJR, Q3 - SJR Best Q
Vedecké práce a iné knižné publikácie <i>ABD, ABB, ACC, ACD, ADE, ADF, AEC, AED</i>	ADE - 8 ADF - 16 AEC - 5 AED - 1
Odborné práce a iné knižné publikácie <i>BAA, BAB, BBA, BBB, BCB, BCK, BDA, BDB, BDC, BDD, BDE, BDF, BDM, BDN, BEE, BEF, EAI, EAJ, EDI, EDJ, GHG</i>	BDE – 1 BDF – 14 BEE – 2
Príspevky publikované v zborníkoch (spolu)	<b>57</b>
- zahraničné konferencie <i>AFA, AFC</i>	AFC – 18
- domáce konferencie <i>AFB, AFD</i>	AFB – 5 AFD - 34



## Príloha č. 2

### Ohlasy na vedeckú alebo umeleckú prácu :

<b>Citácie a ohlasy (spolu)</b>		<b>91</b>
Citácie v domácich a zahraničných publikáciách registrovaných v citačných indexoch Web of Science a v databáze SCOPUS	<b>kódy: 1, 2</b>	kód 1 – 61 kód 2 – 1
Citácie v domácich a zahraničných publikáciách neregistrovaných v citačných indexoch	<b>kódy: 3, 4</b>	kód 3 – 24 kód 4 – 5
Recenzie v domácich a zahraničných publikáciách	<b>kódy: 5, 6</b>	



## Príloha č. 3 Oponentské posudky

Meno a priezvisko oponenta záverečnej práce: doc. Ing. Silvia Megyesiová, PhD.

Pracovná pozícia, adresa pracoviska, kontakt oponenta záverečnej práce:  
docent, Katedra kvantitatívnych metód, Podnikovohospodárska fakulta so sídlom v Košiciach  
Ekonomická univerzita v Bratislave  
Tajovského 13, 041 30 Košice  
silvia.megyesiova@euba.sk

### OPONENTSKÝ POSUDOK habilitačnej práce

Meno a priezvisko uchádzača: **Ing. Petra Szaryszová, PhD.**  
Názov habilitačnej práce: **Udržateľnosť slovenskej energetiky v ére Energy 4.0**

#### Obsahová stránka práce

##### 1. Cieľ práce a jeho naplnenie – aktuálnosť tematiky

Udržateľnosť energetiky v kontexte Energy 4.0 je veľmi aktuálnou a diskutovanou témou odborníkmi z praxe, ako aj vedeckými kapacitami z rôznych krajín. Veľmi pozitívne vnímam riešenie tejto problematiky habilitantkou, ktorá sa téme energetiky a jej udržateľnosti venuje dlhodobo. V habilitačnej práci sa autorka zameriava na aplikáciu metód strojového učenia, pomocou ktorých kvantifikuje ekonomické dôsledky odchýlok na krátkodobom trhu s elektrinou v podmienkach rastúceho podielu obnoviteľných zdrojov energie s cieľom návrhu metodického rámca pre prepojenie predikčnej presnosti s nákladovou expozíciou systému v rámci Slovenska. Tento cieľ práce považujem za vedecky náročný, aktuálny a zároveň za jasne a vhodným spôsobom definovaný. Hlavný cieľ práce bol rozpracovaný do šiestich vzájomne logicky nadväzujúcich čiastkových cieľov práce. Habilitačná práca pozostáva z piatich kapitol a záverečnej časti práce. Práca je pomerne rozsiahla s počtom strán 151 a obsahuje 1 prílohu. Habilitačná práca je vyvážená, jednotlivé kapitoly, resp. podkapitoly na seba logicky nadväzujú a autorka vystihla v práci podstatu riešeného problému, preukázala veľmi dobré schopnosti a zručnosti vedecky spracovať náročnú problematiku. Hlavný cieľ habilitačnej práce, ako aj čiastkové ciele práce považujem za splnené v plnej miere.

##### 2. Vhodnosť použitých metód, metodológia

Autorka v práci využíva jednorozmernú štatistickú analýzu, korelačnú analýzu, ako aj pokročilé analytické metódy a nástroje strojového učenia pri spracovaní vstupných údajov. Modely strojového učenia, ako sú algoritmy typu gradientného boostingu, neurónové siete či ensemble metódy, umožňujú efektívnejšie zachytiť vzťahy a poskytujú presnejšie predikcie prevádzkových ukazovateľov. Výsledky naznačujú, že aplikácia modelov strojového učenia významne zvyšuje presnosť predikcií a prispieva k stabilite energetických systémov. Súbor údajov, ktorý autorka v habilitačnej práci použila, bol získaný z údajových výstupov spoločnosti OKTE, a.s., pričom automatizovaný prístup k údajom bez potreby manuálneho zásahu bol zabezpečený prostredníctvom postupu vytvoreného v jazyku Python. Týmto spôsobom boli systematicky sťahované historické údaje za sledované obdobie od 01. 01. 2015 až do 31. 12. 2024. Tento prístup bol zvolený s cieľom vytvoriť robustný súbor údajov na dennej báze za obdobie desiatich rokov. Ing. Petra Szaryszová, PhD. v habilitačnej práci využila ucelený časový rad denných agregovaných hodnôt systémovej odchýlky a súvisiacich trhových ukazovateľov, vhodný na ďalšiu štatistickú, predikčnú a ekonometrickú analýzu. Denné údaje zároveň prispeli k eliminácii vysokofrekvenčného šumu a umožnili autorku identifikovať systematické vzťahy medzi predikčnou odchýlkou a jej finančnými dôsledkami. Vzhľadom na vysokú variabilitu vstupných premenných a predpoklad existencie nelineárnych vzťahov medzi nimi sa autorka rozhodla pri modelovaní využiť metódy strojového učenia. V habilitačnej práci autorka testovala päť modelov strojového učenia z hľadiska ich výkonnosti, konkrétne Random Forest, LightGBM, Gradient Boosting, CatBoost a XGBoost, pričom výber vhodného modelu bol realizovaný pomocou automatizovaného experimentálneho procesu v prostredí Python. Ako závislú premennú zvolila inauguranťka sumu kladných odchýlok, ktoré predstavujú kľúčový indikátor variability energetického systému a to hlavne v prípade rastúceho podielu obnoviteľných zdrojov energie (OZE). Kladné



odchýlky ( $\pi_{sum}$ ) sú podľa autorky typickým prejavom situácií, v ktorých výroba energie prevyšuje plánovanú spotrebu a tento jav dáva v práci do súvisu so systémom s vysokým podielom variabilných OZE. Spomedzi aplikovaných modelov strojového učenia habilitantka na základe porovnania výkonnosti vybrala model LightGBM ako najvhodnejší a tento model následne podrobila tréningu, testovaniu, validácii a overovaniu predikčnej výkonnosti. Porovnanie predikcie so skutočnými hodnotami autorka neslúži len na validáciu modelu, ale poukazuje tiež na to, že model s vysokou časovou zhodou so skutočnými údajmi znižuje potrebu nadmerne konzervatívneho odhadu neistoty, ktorý v praxi môže viesť k vyšším regulačným nákladom. Niektoré časti práce prezentované v kapitole 3 Metodika práce a metódy skúmania sú svojou podstatou už výsledkami práce a mohli byť uvedené v kapitole 4.

### 3. Zhodnotenie poznatkovej bázy

Ing. Petra Szaryszová, PhD. preukázala veľmi dobré znalosti v oblasti digitálnej transformácie energetiky, ktorá predstavuje v súčasnosti jednu z kľúčových výziev hospodárskeho rozvoja a udržateľnosti ekonomík, pričom digitalizáciu v oblasti energetiky vníma ako nástroj na zber, spracovanie a vyhodnocovanie veľkého objemu údajov v reálnom alebo takmer reálnom čase. Autorka sa v habilitačnej práci venovala moderným energetickým trhom, ktoré sú čoraz viac založené na údajovo orientovaných rozhodovacích mechanizmoch, ktoré využívajú integrovanú technologickú infraštruktúru určenú na automatizovaný a obojsmerný zber, spracovanie a prenos údajov o spotrebe alebo výrobe energetických médií v reálnom čase, využívajú automatizované algoritmy a analytické nástroje. Autorka sa venovala aj trendom v európskom priestore, ktorý je v oblasti energetiky podporovaný aj legislatívnym rámcem, najmä v súvislosti s implementáciou balíka „Clean Energy for All Europeans“ a cieľmi Agendy 2030.

Autorka habilitačnú prácu spracovala na základe 170 zdrojov domácej a zahraničnej literatúry, ktorú v texte práce vhodným spôsobom cituje. Spracovaním tak vysokého množstva relevantnej a aktuálnej literatúry autorka preukázala schopnosť vedecky, ucelene a kvalitne spracovať náročnú problematiku udržateľnosti slovenskej energetiky v ére Energy 4.0.

### 4. Prínos habilitačnej práce – výsledky

Z teoretickej roviny za prínosy práce považujem veľmi kvalitne spracovaný prehľad súčasného stavu riešenej problematiky doma a v zahraničí, ako aj teoreticky a prakticky spracovanú problematiku výberu modelu strojového učenia LightGBM.

Autorka tiež poukazuje na to, že je nevyhnutné používať modely s čo najnižšou chybou modelu, pretože v energetike chyba modelu nepredstavuje iba štatistickú odchýlku, ale má priamy ekonomický význam. Predikčná chyba a jej prepojenie s cenou regulačnej elektriny sa premieňa do finančných nákladov subjektov zodpovedných za odchýlku, keďže celkové náklady sú určené súčinom ceny regulačnej elektriny a objemu odchýlky. Rovnaká veľkosť predikčnej chyby môže mať zásadne odlišný dopad v závislosti od aktuálneho cenového režimu trhu. Pri nízkych cenách môže byť ekonomický dôsledok chyby relatívne obmedzený, zatiaľ čo pri vysokých cenách môže viesť aj menšia nepresnosť k výraznému rozdielu v nákladoch. Tento analytický prístup habilitantky je z hľadiska získaných výsledkov, ich interpretácie a formulovania záverov veľmi aktuálny, vedecký a zároveň podložený analýzou reálnych dát zo slovenského trhu s elektrinou. Autorka poukazuje aj na prínosy využitia modelov strojového učenia v kombinácii s tradičnými prístupmi, akými sú modely ARIMA a SARIMA, najmä v podmienkach postupujúcej digitalizácie energetického sektora. Výsledky svojej analýzy konfrontuje s veľkosťou predikčných chýb a s tým súvisiacich nákladov na vyrovnanie elektrizačnej sústavy.

### 5. Aplikčné prínosy pre prax

Autorka odporúča predikčné modely založené na strojovom učení, ktoré umožňujú spracovávať veľké objemy vysokofrekvenčných údajov v reálnom čase a transformovať ich na použiteľné informácie pre operatívne rozhodovanie. Aplikovanie týchto modelov umožní podľa habilitantky presnejšie diferencovať medzi bežnými a rizikovými prevádzkovými stavmi, optimalizovať využívanie systémových služieb a znižovať mieru neistoty pri plánovaní regulačných zásahov bez ohrozenia bezpečnosti dodávok. Podľa Ing. Petry Szaryszovej, PhD. model LightGBM nepredstavuje len technickú inováciu, ale aj strategický nástroj na zvyšovanie efektívnosti, stability a ekonomickej udržateľnosti trhu s elektrinou. Autorka odporúča pre prax zlepšovať predikciu najmä v napätých režimoch trhu, nie iba v priemere, nakoľko v istých situáciách vznikajú najväčšie straty a práve tam má zvýšenie presnosti modelu najvyššiu ekonomickú hodnotu. Prínosom pre prax je z môjho pohľadu výber najvhodnejšieho modelu strojového učenia (LightGBM), ktorý autorka odporúča využívať v praxi. Tento model môže pri vhodnej implementácii prispieť k presnejšiemu rozhodovaniu a znižovaniu rizika nákladových dopadov vyplývajúcich z krátkodobých nerovnováh.



## Formálna stránka práce

### 6. Formálne náležitosti práce a úprava

Habilitačná práca je prehľadná, jednotlivé kapitoly a podkapitoly na seba logicky nadväzujú. Práca je spracovaná kvalitne bez väčších chýb. Text habilitačnej práce je vhodne doplnený o 14 prehľadných tabuliek, 19 grafov a 4 obrázky. Tabuľky, grafy a obrázky umožňujú čitateľovi lepšie pochopenie riešenej problematiky a výsledkov analýz. V prípade grafu 2 by som však odporúčala uvádzať aj pomenovanie y-ovej osi, v grafe 3 odporúčam uviesť v legende grafu rozlíšenie farebnej škály zobrazenej v tomto grafe. V texte práce na str. 30 autorka odkazuje na obrázok 3, ktorý však zachytáva iné údaje než sú uvedené na tejto strane. Odkaz na obrázok 3 sa objavuje aj na str. 62, pričom tento odkaz je v súlade s prezentovanými údajmi tohto obrázku.

## Otázky k obhajobe habilitačnej práce

### 7. Otázky a námety do rozpravy

- Vychádzajúc z grafu 1 dosahuje Slovensko v istom období index likvidity vnútrodomáceho trhu na úrovni 0. Je to značne nižšia hodnota v porovnaní s ostatnými krajinami. Viete vysvetliť prečo dosahuje Slovensko túto minimálnu hodnotu indexu likvidity? Je podľa Vás možné očakávať zvýšenie indexu likvidity v aktuálnom období resp. v blízkej budúcnosti? Aký by bol podľa Vás optimálny index likvidity vnútrodomáceho trhu pre Slovensko?
- Ako sa vyvíjal podiel tvorby energie resp. elektriny z OZE na Slovensku v posledných rokoch a aký predpokladáte maximálny možný podiel OZE na tvorbe energií (v slovenskom energetickom mixe) na Slovensku?
- Počet hodín so zápornými cenami elektriny v rokoch 2020 až 2024 vykazoval rastúci trend vo väčšine krajín EÚ. Ide síce o pomerne krátky časový rad, ale aký je Váš názor na takto sa zvyšujúci počet hodín so zápornými cenami elektriny? Myslíte si, že môže v budúcnosti vysoký počet hodín so zápornými cenami elektriny ovplyvniť ochotu výrobcov vo väčšej miere prechádzať na výrobu energie/elektriny z OZE?

## Záver

### 8. Záverečné hodnotenie

Práca zodpovedá požiadavkám kladeným na habilitačnú prácu a preto prácu **odporúčam** k obhajobe.

Po úspešnom obhájení záverečnej práce **navrhujem udeliť** vedecko-pedagogický titul

**„docent“**

v odbore habilitačného konania *ekonomika a manažment podniku*.

Dátum: 29. 05. 2026

Podpis oponenta: .....



Name and surname of the opponent: Assoc. Prof. Viktoriia Levkulych, Ph.D.

Position, workplace address, and contact details of the opponent:

Head of the Department of Accounting and Audit, Faculty of Economics, Uzhhorod National University, Universytetska St., 14a, Uzhhorod, 88000 Ukraine, viktorii.levkulych@uzhnu.edu.ua

## OPPONENT'S REVIEW of the habilitation thesis

Name and surname of the candidate: Ing. Petra Szaryszová, PhD.

Title of the habilitation thesis: Sustainability of the Slovak Energy Sector in the Era of Energy 4.0

Content of the thesis
<p><b>1. Objective of the thesis and its fulfillment – relevance of the topic</b> (relevance of the topic, adequate definition of the research problem – formulation of the thesis objective, scope and balance, internal coherence of individual parts of the thesis)</p> <p>The habilitation thesis addresses a current and highly relevant issue concerning the sustainability of the energy sector under the conditions of ongoing digital transformation within the framework of the Energy 4.0 concept. The relevance of the researched topic is particularly evident in the context of short-term electricity markets, which play a key role in maintaining the balance between electricity generation and consumption. In an environment characterized by increasing volatility and uncertainty, the accuracy of predictive models and their economic implications are becoming significant factors influencing the efficiency of the energy system. The author's research design also includes explicitly formulated research questions, which contribute to a systematic understanding of the examined issue and establish a framework for the subsequent empirical analysis.</p> <p>The main objective of the habilitation thesis is formulated clearly and logically follows the identified research problem. The author aims to quantify the economic consequences of imbalances in the short-term electricity market through the application of machine learning methods and, at the same time, to propose a methodological framework linking predictive accuracy with the cost exposure of the system under the conditions of the Slovak Republic. The defined objective is appropriate to the nature of a habilitation thesis. Furthermore, the main objective is suitably elaborated into more specific partial objectives corresponding to the analytical procedures applied in the submitted thesis. The structure of the thesis is logical, and the individual chapters are interconnected, creating a comprehensive methodological and interpretative framework for the examined issue. Based on the analysis of the thesis content, it can be concluded that the stated objective has been fulfilled.</p>
<p><b>2. Appropriateness of the methods used, methodology</b> (methodological and procedural aspects of the thesis: identification of concepts and objectives, selection of methods, suitability of methodological approaches)</p> <p>The methodological and procedural aspects of the habilitation thesis are developed at a very good professional level and generally meet the requirements imposed on research in the field of economics and management. The author approaches the solution of the defined scientific problem systematically and applies a combination of current theoretical foundations and empirical analytical approaches. It can be positively evaluated that the author pays attention to the terminological definition of key concepts, which are presented in a separate glossary. The definition of the subject and object of research creates a solid basis for the subsequent empirical analysis and ensures the consistency of the research procedure. This aspect contributes to the overall methodological coherence of the thesis. The habilitation thesis is based on the application of modern machine learning methods, with the LightGBM model playing a dominant role in Subchapter 3.3. Its selection can be considered appropriate regarding the nature of the analyzed data and the need to capture nonlinear relationships and complex interactions among variables. The author does not rely solely on modern algorithms but also performs a comparison with traditional approaches, thereby</p>



increasing the objectivity of model performance evaluation and the methodological rigor of the thesis. At the same time, the author appropriately builds on existing scientific studies in which machine learning methods have been applied, thus embedding her own research within the context of current scientific knowledge.

I particularly appreciate the elaboration of the individual research phases in Subchapter 3.4, which enhance the clarity of the methodological procedure. Although the applied methodology is presented in a systematic manner, some technical details of the modeling process (e.g., the exact model configuration) are not elaborated to the extent that would allow full replication of the results of the habilitation thesis. In Subchapter 3.2, a more detailed description of the dataset, its validation, data-cleaning procedures, and the handling of missing values is lacking. Greater emphasis on the reproducibility of the research could further strengthen the scientific dimension of the thesis, as well as its transparency and international applicability.

From an economic perspective, the selected methodological framework represents an appropriate and functional simplification of a highly complex issue, enabling the quantification of the consequences of prediction errors in the form of the economic exposure of costs arising within the electricity system. A more detailed specification of these costs, for example in terms of their structure, variability, or links to individual market and operational factors, could contribute to a deeper understanding of cost-related relationships and increase the applicability of the results in the fields of management accounting, controlling, and auditing. Despite the above-mentioned remarks, the applied methodology is adequate to the stated objective of the habilitation thesis, is applied consistently, and enables the achievement of relevant and scientifically substantiated results.

### **3. Evaluation of the knowledge base**

(demonstration of theoretical knowledge on the given topic, processing of information sources)

The assessed habilitation thesis is based on an extensive and content-relevant knowledge base, which demonstrates the author's very good theoretical foundations in the researched area. References contain a total of 170 scientific and professional sources, including domestic and foreign scientific publications, research papers, monographs, as well as studies and reports issued by international institutions.

In terms of relevance and timeliness, a significant portion of the sources used originates from recent years, reflecting current developments in the fields of energy, digitalization, and the application of machine learning methods. The author not only cites these sources appropriately but also interprets and synthesizes them in connection with her own research, thereby creating a consistent conceptual framework for the empirical part of the thesis. I particularly appreciate the comparison of foreign studies on the flexibility of electricity systems presented in Table 1, which appropriately summarizes the approaches of individual authors and their implications for the conditions of the Slovak Republic.

Although the author demonstrates the ability to work with a broad spectrum of sources, in part of the literature review (pp. 20 – 24), the text remains more descriptive than critically synthetic in nature. A more extensive discussion of the applicability of these approaches in smaller and less liquid markets, such as the Slovak Republic in comparison with large Western European markets, could further enhance the scientific contribution of the thesis.

Overall, I conclude that the knowledge base of the thesis is sufficiently broad, up-to-date, and adequate to the character of a habilitation thesis.

### **4. Contribution of the habilitation thesis – results**

(analysis of the obtained results, their interpretation, formulation of conclusions and recommendations)

The submitted habilitation thesis provides relevant scientific and practical results in the field of energy economics and management, while addressing current challenges associated with the digitalization of energy systems and the increasing complexity of short-term electricity markets.

The analysis of the results presented in Chapter 4 demonstrates that the author combines predictive modeling based on machine learning methods with an economic evaluation of imbalance-related consequences. I particularly appreciate the elaboration of Subchapters 4.1 and 4.2, where the author demonstrates the ability to interpret statistical indicators and relate them to the practical functioning of the energy market. The results of the quantitative model validation confirm its ability to capture the dynamics of the examined system, while the achieved accuracy values and the model's stability over time indicate its suitability for this type of analysis.

The selected subject of research and the related data base enabled the author to reliably capture processes taking place within the Slovak energy sector, including the impact of digitalization on market functioning and its economic parameters. I consider particularly significant the use of scenario-based economic analysis (Subchapter 4.4.2), the SHAP method for the global interpretation of the model (Graph 17), and Monte Carlo simulation including the Value at Risk indicator (Graph 18 and Graph 19), through which the author analyzes the economic cost exposure and risk characteristics of the electric power system. I regard the results of the habilitation thesis as scientifically relevant and methodologically well-founded. Their interpretation is factual and sufficiently convincing, allowing for the formulation of relevant conclusions and recommendations. The author appropriately confronts empirical findings



with theoretical foundations, thereby strengthening their explanatory value. A key outcome of the thesis is the proposal of an original methodological framework linking predictive model accuracy indicators with their economic implications in the environment of short-term electricity markets. This framework represents a valuable contribution, particularly in terms of quantifying the cost impacts of imbalances and supporting the decision-making processes of entities operating in the electricity market.

The logically substantiated conclusions are based on the conducted analysis, are formulated clearly, internally consistent, and correspond to the stated objective of the thesis. The recommendations for future research directions also demonstrate potential practical applicability, particularly in the areas of cost management, optimization of decision-making processes, and support for the efficient functioning of the market under the conditions of digitalized energy systems. The results of the habilitation thesis represent a significant and original contribution to the development of the scientific field. Their added value lies primarily in linking quantitative modeling with the economic interpretation of processes taking place within the context of digitalized energy systems.

#### **5. Practical contributions and implications for practice**

(possibilities for the practical application of the results)

I consider the practical contributions of the habilitation thesis to be significant, as the author addresses an issue directly related to the actual functioning of the Slovak electricity market. The thesis responds to the increasing share of variable renewable energy sources, more frequent short-term fluctuations in electricity generation and consumption, as well as the growing need for faster, data-driven decision-making by regulatory and market entities. Since the LightGBM model underwent several validation steps, including verification using historical data, it provides OKTE, a.s., as well as the broader community of market participants, with a reliable analytical tool enabling more accurate formulation of future trading strategies and reduction of risks associated with short-term imbalances, including preparedness for extreme price situations. The economic quantification of costs appropriately complements the machine learning modeling results, thereby increasing the practical relevance of the proposed methodological framework.

The results of the thesis may be beneficial for electricity producers, suppliers, flexibility aggregators, electricity traders, as well as regulatory and system institutions in evaluating market efficiency and setting appropriate regulatory incentives. From the implementation perspective, it should also be considered that the practical application of this approach requires sufficient data infrastructure, analytical capacities, and integration of predictive models into the decision-making processes of regulators and market participants. Not all market entities possess the necessary level of digitalization and analytical maturity, which may represent a barrier to the immediate practical utilization of the thesis results.

In this respect, the author's work has the potential to support the development of data-driven risk management in a regulated market environment.

Overall, I conclude that the results of the habilitation thesis are realistically applicable in economic practice, particularly in supporting rational decision-making, imbalance management, evaluation of the economic consequences of volatility, and the development of digitally supported tools in the energy sector.

#### **Formal aspects of the thesis**

#### **6. Formal aspects and presentation of the thesis** (layout and visual design – clarity, style, graphics; language quality of the thesis: stylistics, grammar, punctuation)

From a formal perspective, the habilitation thesis demonstrates an appropriate graphical and aesthetic standard. The individual chapters are logically structured, and the stylistically balanced text is suitably complemented by tables and graphical elements. The linguistic quality of the thesis is at a very good professional level and does not contain any significant grammatical or punctuation deficiencies. As a minor shortcoming, I consider the occasionally high level of technical and professional complexity of the text, which may reduce its readability for less specialized readers. In terms of clarity, the methodological procedure could also benefit from a visual representation (e.g., in the form of a schematic diagram).



**Questions for the defense of the habilitation thesis**

**7. Questions and topics for discussion**

1. What implications do your results have for the accounting recognition and management of costs associated with imbalances, particularly in the context of price volatility and uncertainty in short-term electricity markets?
2. How could your proposed approach be applied to the evaluation of the economic impacts of the current geopolitical situation on energy markets, particularly in the context of the interconnection between the European and Ukrainian power systems?

**Conclusion**

**8. Final Evaluation**

Based on a comprehensive assessment, I conclude that the submitted habilitation thesis meets the requirements imposed on scientific works of this type and demonstrates the author's scientific and professional competence for habilitation proceedings. On this basis, I recommend the thesis for defense. Upon successful defense of the thesis, I propose to award the scientific-pedagogical title of „Associate Professor“ in the field of habilitation *Economics and Management (Business Economics and Management)*.

Date: 01.06.2026

Opponent's signature: \_\_\_\_\_



Meno a priezvisko oponenta záverečnej práce: Prof. Ing. Katarína Čulková, PhD.

Pracovná pozícia, adresa pracoviska, kontakt oponenta záverečnej práce: Technická Univerzita v Košiciach, FBERG, Letná 9, 040 01 Košice

## OPONENTSKÝ POSUDOK

habilitačnej práce

Meno a priezvisko uchádzača: Ing. Petra Szaryszová, PhD.

Názov habilitačnej práce: Udržateľnosť slovenskej energetiky v ére Energy 4.0

### Obsahová stránka práce

#### 1. Cieľ práce a jeho naplnenie – aktuálnosť tematiky

(aktuálnosť témy, dostatočné definovanie riešeného problému – stanovenie cieľa práce, rozsah a vyváženosť, vnútorná nadväznosť jednotlivých častí práce)

Téma „udržateľnosť slovenskej energetiky v ére Energy 4.0“ nie je len akademická – ide o veľmi praktickú otázku, ktorá ovplyvňuje ekonomiku, bezpečnosť aj kvalitu života. Riešiť túto tému znamená hľadať rovnováhu medzi bezpečnosťou dodávok, ekologickými cieľmi, cenovou dostupnosťou a technologickým pokrokom. V ére Energy 4.0 ide o transformáciu celého systému – nie len o „zelenú energiu“, ale o inteligentné, prepojené a flexibilné energetické riešenia.

Význam témy DDP – narastá potreba IoT v oblasti energetiky.

Cieľ práce vychádza z preskúmania súčasných limitujúcich podmienok v predmetnej oblasti, opierajúc sa o aktuálny vývoj európskej energetiky. Prepojenie digitalizácie energetiky s obchodovaním na trhu prináša množstvo zaujímavých skutočností. Takýmto prepojením autorka získala systematický pohľad na problematiku. Cieľ práce bol vhodne zvolený na základe prieskumu súčasného stavu, stanovené čiastkové ciele dopomohli autorke daný cieľ dosiahnuť.

#### 2. Vhodnosť použitých metód, metodológia (metodologická a metodická stránka práce identifikácia pojmov, úloh, výber metód, vhodnosť metodických postupov)

Výber modelov pre výskum autorka starostlivo podrobila kritickému rozhodovaniu.

Autorka názorným spôsobom vo forme tabuliek spracovala harmonogram jednotlivých etáp výskumu, čo uľahčuje čitateľovi prehľadnosť práce.

Autorka zvolila logickú štruktúru práce, kde v časti súčasný stav riešenej problematiky sa autorka venuje digitálnej transformácii a integrácii elektrizačných sústav, krátkodobému obchodovaniu (tu by som odporúčala doplniť názov, ako to konkrétne súvisí s témou), ekonomickej kvantifikácii obchodovania na trhu s elektrinou na Slovensku (tu by sa žiadalo doplniť možnosť porovnania so zahraničím).

Časť Súčasný stav je zaujímavá z pohľadu, že autorka diskutuje výsledky predchádzajúcich štúdií v predmetnej oblasti. Táto diskusia je názorne sumarizovaná tabuľkou 1.

V ďalších častiach sa autorka venuje popisu cieľa práce a metodiky spracovania a získania výsledkov. Výber Slovenska ako predmetu skúmania je jasne podporený výsledkami prieskumu likvidity trhov, zobrazených na grafe 1.

V rámci diskusie sa venuje prínosom DDP v rôznych rovinách ako aj návrhu budúceho možného výskumu, vyplývajúceho z obmedzení súčasného výskumu.

Prínosná je aj časť – slovník pojmov, pričom autorka uvádza použité pojmy aj v anglických termínoch, čo uľahčuje čitateľovi štúdium práce.



**3. Zhodnotenie poznatkovej bázy** (preukázanie teoretických vedomostí k danej téme, spracovanie informačných zdrojov)

Pre spracovanie poznatkovej bázy autorka využila bohatú citačnú činnosť – 170 zdrojov, pričom autorka do veľkej miery pracovala s dostupnými vedeckými publikáciami, publikovanými v renomovaných svetových časopisoch.

Výsledky práce sú spracované v rámci kvantifikácie modelu, štatistickej verifikácie a predikcie modelu, a využiteľnosti v predpovedaných rôznych podmienkach prevádzky, a systémových dôsledkov pre trh.

Pozitívne hodnotím skutočnosť, že predmetnú oblasť autorka skúma z inštitucionálneho pohľadu, ako aj makroekonomického a z pohľadu operačného riadenia, z čoho autorke vyplynuli významné rozdiely, na ktorých ďalej vo svojej práci opiera svoj výskum, napríklad, že zaradenie Slovenska je vidieť z makroekonomického a geopolitického hľadiska z grafu 3 a 4.

**4. Prínos habilitačnej práce – výsledky**

(analýza získaných výsledkov, ich interpretácia, formulovanie záverov a odporúčaní )

Výstup DDP vo forme metodického rámca možno považovať za vysoko prínosný ako pre akademickú, tak aj praktickú oblasť.

Výsledky DDP pomohli autorke stanoviť ekonomickú udržateľnosť trhu a nájsť možnosti zvýšenia jeho odolnosť voči cenovým výkyvom.

Vo vytvorenom modeli autorka vymedzila jednotlivé premenné, ktoré vývoj v modeli determinujú, ako aj časové trendy vývoja, pričom si model zachováva schopnosť zovšeobecnenia.

Prí tvorbe modelu autorka správne uvažuje s nestacionárnym charakterom energetického systému.

Za prínosnú považujem časť návrh budúceho výskumu, ktorý vyplýva zo stanovenia obmedzení predkladaného výskumu vo forme výstupov DDP.

**5. Aplikačné prínosy pre prax**

(možnosti praktického využitia výsledkov riešenia)

Autorka jasne poukázala na prínos modelu pre analyzovanú energetickú spoločnosť. Scénarová a simulačná analýza zároveň poskytuje možnosti porovnávania v iných podmienkach. Tieto analýzy autorka zároveň podrobila deterministickej a stochastickej analýze jednotlivých scénarov.

**Formálna stránka práce**

**6. Formálne náležitosti práce a úprava** (grafická a estetická úprava- prehľadnosť, štýl, grafika jazyková stránka práce : štylistika, gramatika, interpunkcia)

- Obr.1 by sa žiadalo zväčšiť kvôli čitateľnosti
- Dôležité zväziť legislatívne podmienky a špecifiká podpory zo strany štátu, ktoré sa na Slovensku neustále menia
- Na niektorých miestach chýba uvedenie zdroja, napr. str. 46 „Zahraničné štúdie poukazujú na to, že malé a otvorené trhy sú citlivejšie na volatilitu a na rozdiely medzi jednotlivými časovými segmentmi obchodovania.“ – aké štúdie?
- Vzorce, napr. str. 59 odporúčam kvôli čitateľnosti uvádzať do stredu
- Rezidui? Alebo rezidui? – str. 84. Detto str. 87 a pod.
- Graf 16 – odporúčam legendu uviesť aj v slovenčine.
- V práci autorka používa raz finančné dopady, raz finančné dôsledky alebo ekonomické dôsledky. Žiadalo by sa to zjednotiť a ozrejmiť, keďže finančný dôsledok nemusí byť zároveň ekonomickým z pohľadu cash-flow.



#### Otázky k obhajobe habilitačnej práce

##### 7. Otázky a námety do rozpravy

Na obrázku 2 uvádzate potenciálne riziká a výzvy. V súčasnosti je okrem iného veľkou výzvou finančné zabezpečenie OZE. Aké zdroje v súčasnosti vláda a EU poskytuje pre oblasť OZE?

Je možné využiť pri obchodovaní s energiou daytrading?

#### Záver

##### 8. Závěrečné hodnotenie

Uvedené hodnotenie potvrdzuje schopnosť autorky pracovať kriticky, metodologicky ako aj systematicky.

Práca ~~zodpovedá~~ – ~~nezodpovedá~~ požiadavkám kladeným na habilitačné práce a preto prácu ~~odporúčam~~ – ~~neodporúčam~~ k obhajobe. Po úspešnom obhájení záverečnej práce navrhujem ~~udeliť~~ – ~~neudeliť~~ vedecko-pedagogický titul „docent“ odbore habilitačného konania *Ekonomika a manažment (Ekonomika a manažment podniku)*.

Dátum: 20.5.2026

Podpis oponenta: ....

*Tento výtlačok slúži ako vzor pre vypracovanie oponentského posudku. Prosím elektronickej verzii a upravii si tak rozsah jednotlivých bodov podľa vlastnej potreby.*

*notenie do*



## **Príloha č. 4**

### **Návrh habilitačnej komisie s odporúčaním**



**Príloha č. 5**

**Prezenčná lista zo zasadnutia vedeckej rady, ktorá o žiadosti rozhodovala**