

MIGRAČNÍ HUSTOTA OSOB A JEJÍ STANOVENÍ

MIGRATION DENSITY OF THE PEOPLE AND ITS DETERMINATION

Jozef ŠURKOVSKÝ
hello@surkovsky.eu

Abstract

Socio-economic phenomena affect society. As part of their projection into society, they condition the constant fluctuation of people. Socio-economic phenomena thus provoke a number of interactions between people in all walks of life. However, emerging interactions may not always be desirable. The reasons why some of these interactions may be desirable or undesirable are various. For example, in times of pandemic, the risk of an undesirable interaction of people in one place, which can be characterized by the migration density of people, will be addressed.

Migration density of persons means a quantity that is characterized by quantitative accumulation of persons depending on area and time. These people are actively involved in the socio-economic activities of the society in the reflected area within a certain time. With regard to the increasing accumulation of persons in the monitored time in a given area, this quantity can be used, for example, to predict the probability of an increase in the risk of transmission of a viral disease in a given area. With regard to the obtained values of the migration density of persons, it is thus possible to put into effect measures to prevent the spread of the viral disease practically at a given moment. We get a more efficiently obtained assessment of the monitored risk.

Key words

Migration persons density, security measures, Covid-19, migration.

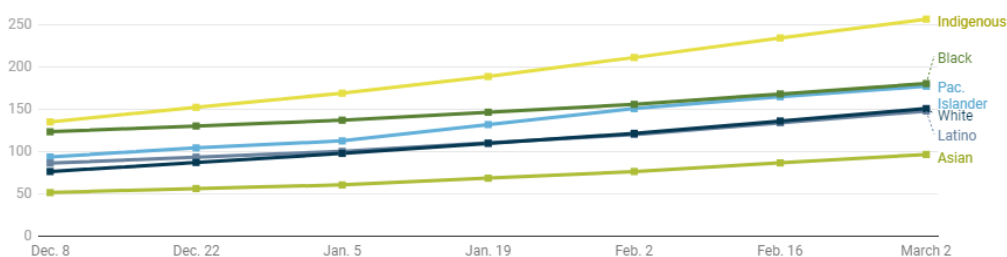
ÚVOD

V důsledku šíření virového onemocnění v letech 2020 – 2021 bylo přijato mnoho socioekonomických změn ve společnosti. Tyto změny měly vést k zabránění šíření virového onemocnění. Restrikce, které vznikaly, zasahovaly do všech sfér společenského života. Socioekonomická integrita společnosti byla tak narušená v mnoha ohledech. Začala se budovat nová společenská pravidla, se záměrem ochránit lidskou populaci. V rámci těchto pravidel však nebyl stanoven ucelený a jednotný způsob realizace běžného života člověka pod novými opatřeními. Nová pravidla se mnohdy navzájem vylučovala a vnášela chaos do společenského života. Vystával problém v některých směrech se podílet přímo na socioekonomických interakcích společnosti. Začal se vytvářet distanc mezi lidmi, a to ve všech ohledech. Jednoduchým pravidlem se stalo dodržení minimální vzdálenosti mezi osobami. Fyzický distanc mezi osobami v jednom místě, na jedné ploše, v daném prostoru představoval záruku pasivní protekce dané osoby před šířením virového onemocnění. Plochy s omezenou plošnou kapacitou na osobu, kde k vzájemným společensko-sociálním interakcím docházelo, se v danou chvíli staly problémem. Smyslem migrační hustoty osob má být reflexe skutečného stavu počtu osob na danou plochu v každém čase sledování za účelem maximálního dodržení požadavku na fyzický distanc přítomných osob v daném místě.

Pozn.: Pokud v této odborné práci není uveden zdroj nebo upozornění na „úpravu dle...“, má se za to, že se jedná o informace, myšlenky, návrhy atd. vlastní autora/-ům odborného článku.

1 SOUČASNÉ METODY HODNOTÍCÍ KUMULACI OSOB V ZÁVISLOSTI NA ČASE A PLOŠE

Současné metody hodnotící kumulaci osob v závislosti na čase v dané lokalitě jsou spíše demografického charakteru. V krátkém časovém intervalu se navíc tyto demografické hodnoty jeví jako statické. Chybí zde závislost na skutečně využitelné plošné výměře, která je reálně k dispozici. Vychází se pouze z plošné výměry báze. Jistou proměnnou veličinou vztahenou k času a k dané lokalitě zde představuje *populace*. Z definice populace je zřejmé, že se jedná o soubor jedinců určitého živočišného druhu žijících a reprodukcujících se v konkrétním čase na určitém vymezeném území. [2] S touto veličinou demografického typu lze tak např. pracovat v případě, kdy se v rámci socioekonomického hlediska zaměříme na skladby obyvatelstva, kdy např. budeme konstatovat, že průběh šíření do jisté míry ovlivňuje lidská rasa, viz *Graf čís. 1* (pozn. studie v rámci projektu Color of Coronavirus, 2020) [1]. Díky těmto faktům lze tak prohlásit, že neexistuje totožná obdoba veličiny k veličině migrační hustoty osob.



Graf 1

Kumulativní skutečná mortalita COVID-19 na 100 000 obyvatel dle rasy a etnického původu v období od 8. prosince 2020 do 2. března 2021, USA [1]

2 DEFINICE MIGRAČNÍ HUSTOTY OSOB

Migrační hustota osob je přímo závislá na čase a na celkové plošné výměře prostoru. Migrační hustotou osob rozumíme počet osob vyskytujících se v dílech časových úsecích celkového časového intervalu na monitorované ploše. Z toho tvrzení plyne předpoklad monitorovaného vstupu a výstupu osob do a z dané oblasti. Danou plochu monitorované oblasti označme za plochu aktivní. Charakteristickým rysem aktivní plochy je přítomnost socioekonomických aktivit – interakcí osob. Aktivní plocha svou výměrou je zároveň bez dalších hygienicko-bezpečnostních opatření limitující pro počet osob účastných na socioekonomických aktivitách. Zjednodušeně řečeno, aktivní plochou se rozumí plocha reálně využívaná osobami v čase realizovaného monitoringu. V případě, že je stanovena minimální vzdálenost mezi jednotlivými osobami na základě hygienických požadavků v rámci aktivní plochy nebo je stanoven plošný požadavek m^2 na osobu, pak velikost plochy je zároveň determinující pro maximální počet osob na dané ploše. Migrační hustotu osob lze následně stanovit na základě vzorce:

$$\text{migrační hustota osob} = \frac{\sum \text{per}}{S_{\text{active}} * t} \quad \left[\frac{\text{osob}}{m^2 \cdot s} \right] \quad \text{vzorec č. 1}$$

kde:

$\sum per$	-	<i>je celkový počet osob v daném okamžiku na aktivní ploše,</i>
S_{active}	-	<i>je celková plošná výměra aktivní plochy [m²],</i>
t	-	<i>je časový interval prováděného monitoringu [s].</i>

Ze vzorce č. 1 je patrné, že celkový počet osob v daném okamžiku na aktivní ploše je přímo úměrný výsledné hodnotě migrační hustoty osob. Výslednou hodnotu migrační hustoty osob, v případě potřeby, lze tak snížit zvětšením aktivní plochy posuzované oblasti nebo prodloužením časového intervalu sekvenčního monitoringu. V rámci prodloužení časového intervalu se tak zvýší pravděpodobnost uskutečnění daleko většího počtu společensko-sociálních interakcí. Výsledkem prodloužení časového intervalu je větší fluktuace osob v dané oblasti a celkové snížení migrační hustoty osob.

2.1 Význam migrační hustoty osob

Migrační hustotou osob lze posuzovat jakékoliv plošné celky. Tyto plošné celky mohou představovat např. velká území, tj. města, státy, kontinenty, ale také docela relativně malé plochy jako např. autobusové stanice nebo zastávky metra. Stejně tak diametrálně odlišně může být stanoven časový interval, ve kterém se hodnocení má provádět. Tento časový interval se může pohybovat od řádu několika let až po např. sekundy. Pokud vztáhneme migrační hustotu osob k plochám větších rozloh a delších časových intervalů, nabývá tato veličina významu také z populačního hlediska. Migrační hustota osob umožňuje především predikaci patologických jevů v závislosti na předpokládané fluktuaci osob daným místem. Je tak možné zhodnotit reálnost šíření nemocí v důsledku nedostatku prostředků pro osobní hygienu, zvýšení kriminality, devastačních účinků na socioekonomické systémy a ekosystémy. Také díky této veličině je reálná predikace energetické náročnosti dané oblasti. Migrační hustota osob jako veličina také dokáže predikovat vznikající populační požadavek na vertikální nárůst aktivní plochy. V závislosti na preferovaných zájmech obyvatelstva v dané lokalitě migrační hodnoty dosahují v dlouhodobém časovém horizontu jak plusových hodnot, tak minusových. Plusové hodnoty představují přetrvávající zájem s ohledem na momentální funkční hodnoty v oblasti. Minusové hodnoty pak představují ztrátu zájmu o lokalitu v důsledku vytěžení funkčních hodnot v dané oblasti. Z takto vyvozených poznatků díky získaným hodnotám migrační hustoty osob lze vytvářet obecné dlouhodobé strategie pro rozvoj dané lokality ve všech socioekonomických sférách a bez patogenních elementů. Jakákoliv společensko-politicko-sociální disfunkce se okamžitě projevuje v hodnotách popisované veličiny.

Na plochách o menších výměrách, jako např. stanice, nákupní centra, obchody, restaurace, různé sportovní a kulturní atrakce, stanovení migrační hustoty osob predikuje z patologických jevů, např. větší pravděpodobnost výskytu kriminality nebo nebezpečí přenosu nákazy. Vzhledem velké kumulaci socioekonomických interakcí na celkově menší ploše jsou hodnoty migrační hustoty osob v tomto ohledu velice proměnné v závislosti na čase. Dochází zde k častému střídání maxima s minimem v krátkých časových intervalech. Často se setkáváme v těchto případech také s nulovými hodnotami migrační hustoty osob, jelikož dostupnost sociální dějů probíhajících v daném místě je časově omezená např. díky otevíracím dobám. V non-stop provozech se hodnoty migrační hustoty osob budou jen přibližovat k nulové hodnotě, a to z důvodu útlumu socioekonomických aktivit a interakcí ve specifických časech např. v noci nebo v čase oběda.

3 MODELOVÝ PŘÍKLAD PRÁCE S MIGRAČNÍ HUSTOTOU OSOB V PRAXI

Jak již bylo výše zmíněno, migrační hustota osob poskytuje reflexi hrozícího nebezpečí, kdy se jedná např. o nebezpečí šíření virového onemocnění. Pro modelový příklad aplikace migrační hustoty osob v reálu se vychází především ze základního vzorce chování člověka. [3] To znamená, že primárně je nutné reflektovat místa, kde dochází k uspokojování společensko-kulturně-sociálních potřeb jedince prostřednictvím socioekonomických interakcí. Je pravidlem, že situace v těchto místech častokrát vede např. v čase pandemie k nežádoucí kumulaci osob a zároveň ke korelačnímu navýšení celkové okamžité hodnoty migrační hustoty osob. V případě, že je stanoven explicitně požadavek na počet osob na m², je nutné dále dle vzorce č. 2 a vzorce č. 1 stanovit také limitující hodnotu migrační hustoty osob pro požadované posouzení přijatelnosti stávajících podmínek v místě, viz např. pro mimořádné opatření Ministerstva zdravotnictví České republiky. [5] Díky tomuto postupu lze monitorovanou oblast následně stylizovat nebo modelovat různými dalšími prostředky (pozn. viz dále) tak, aby nebylo dosaženo limitujících hodnot migrační hustoty osob v oblasti. Přijatá opatření k zabránění šíření virového onemocnění jsou tak mnohonásobně efektivnější a mohou být vedena tendenčně v danou dobu např. formou posílení spojů z důvodů snížení kumulace migrační hustoty osob. Prezentace tohoto tvrzení bude provedena na známé pražské stanici metra Anděl. V rámci této prezentace bude využito některých dat z průzkumu organizovaného Dopravním podnikem hlavního města Prahy (dále jen „DPP“) ve spolupráci s organizací ROPID ze dne 11. listopadu 2015 a z *Ročenky dopravy Praha 2016*. [4]

Popis stanice metra Anděl	
Lokace:	stanice metra Anděl – Smíchov, Praha, Česká republika
Plocha nástupiště:	1 986 m ²
Využití stanice:	rok 2014 – obrát osob 102 200 cestujících denně, z toho nastupujících 46 900 osob a vystupujících 55 300 osob [4]

Z důvodů nízké frekvence osob ve stanici v ranních hodinách a následné jednoduché prezentace užití migrační hustoty obyvatelstva v praxi bylo zvolené časové období mezi 05:05 až 05:10. Touto stanicí metra v daném časovém rozptylu dle jízdního řádu projedou ve dvou směrech dvě soupravy metra. Vyhodnocení bude prováděno každých 20 sekund na vstupu a výstupu z prostor stanice metra. Dle jízdního řádu DPP přijede do této stanice jedna souprava z jednoho směru v 05:07 a druhá souprava v opačném směru v 05:09. Do modelu také vneseme požadavky plynoucí z Mimořádných a ochranných opatření Ministerstva zdravotnictví ČR (pozn. dále jen MZd.) tj. max. 1 osoba na 15 m². [5]

V tomto okamžiku se dostáváme od klasického počtu osob k veličině migrační hustoty osob. Pro úplnou představu řešeného problému a objasnění významu migrační hustoty osob si představme, že budeme mít koridor, kterým půjdou lidé. V jisté části tohoto koridoru na několika metrech budeme nuceni dodržet předepsanou plošnou kumulaci osob z jakéhokoliv důvodu, např. z důvodu nedostačující výkonnosti ventilace pro vícero osob nebo z důvodu provedení efektivní dezinfekce s ohledem na použité množství dezinfekčního prostředku v rámci všech takto ošetřovaných povrchových ploch. V tomto ohledu nás vůbec nebude zajímat skutečnost, že v ostatních částech koridoru kumulace osob bude daleko větší. Právě k tomuto účelu je zapotřebí stanovit limitující migrační hustotu osob pro danou oblast, která vychází v našem případě konkrétně z plochy nástupiště a z daného opatření. Proto nejprve vypočteme limitující počet osob dle tohoto opatření MZd, tj.:

$$S_{\text{nástupiště}} / S_{\text{opatření}} = \text{počet osob}$$

vzorec č. 2

$$1986 \text{ m}^2 \text{ (plocha nástupiště)} / 15 \text{ m}^2 = 132,44 \text{ osob (tj. limitující počet osob)}$$

V tomto případě celkový limitující počet osob na danou plochu stanice metra dostáváme vydělením celkové plochy stanice metra požadavkem MZd, tj. nutnou plošnou dispozicí 15 m² na 1 osobu. [5] Plocha nástupiště stanice metra Anděl je 1986 m² [4]. Výsledný počet osob je 132,44 osob. Získanou hodnotu, tj. *limitující počet osob* použijeme pro výpočet limitující *migrační hustoty osob* v daném prostoru, viz následující výpočet.

$$\text{migrační hustota osob} = \frac{\sum \text{per}}{S_{\text{active}} * t} \left[\frac{\text{osob}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right]$$

$$\text{limitující migrační hustota osob} = \frac{132,44}{1986 * 20\text{s}} \left[\frac{\text{osob}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right]$$

$$\text{limitující migrační hustota osob} = \mathbf{0,00333434} \left[\frac{\text{osob}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right]$$

Pro výpočet *limitující migrační hustoty osob* se vycházelo ze vzorce č. 1. *Limitující počet osob* jsme vydělili součinem celkové plochy stanice metra Anděl tj. 1986 m² a časovým intervalem 20 sekund, který byl stanoven pro jednotlivá vyhodnocování. Výsledná hodnota limitující migrační hustoty osob je **0,00333434 osob/m²*s**.

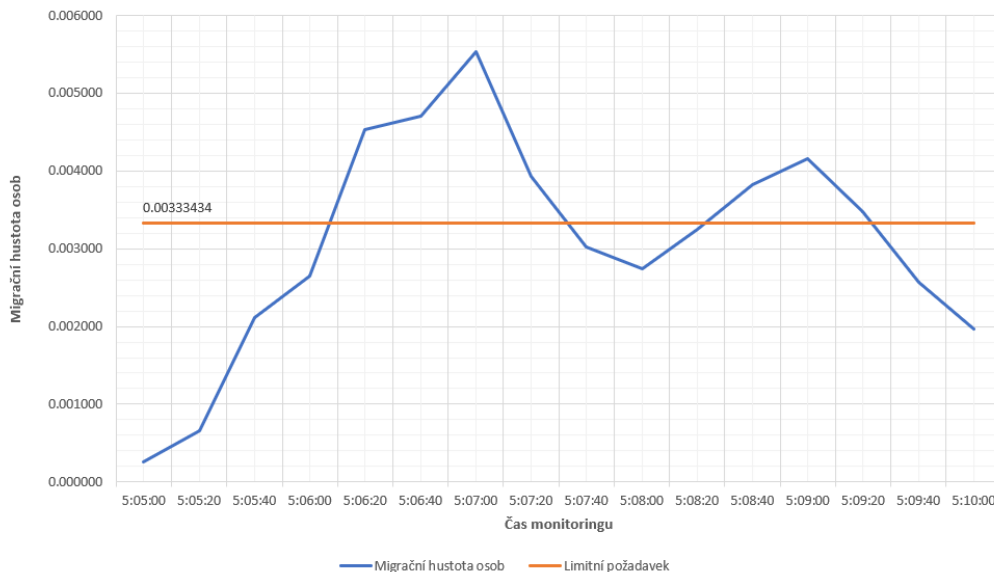
Samotná modelace situace ve stanici metra Anděl již vychází z parciální průměrné denní hodnoty fluktuaace osob v dané stanici získané z *Ročenky dopravy Praha 2016*. Počet osob ve stanici metra pro jednotlivé časové úseky byl tak modelově vytvořen jen na základě syntézy několika informačních zdrojů možného výskytu osob v daný čas ve stanici metra za účelem názorné prezentace této veličiny, viz *Průzkum využívání souprav pražského metra cestujícími*. [6]

Tabulka 1

Migrační hustota osob – stanice metra Anděl, Praha $\left[\frac{\text{osob}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right]$

Čas monitoringu	Počet osob ve stanici metra	Migrační hustota osob $\left[\frac{\text{osob}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right]$	Limitující migrační hustota osob $\left[\frac{\text{osob}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right]$
05:05:00	10	0,000252	0,00333434
05:05:20	26	0,000655	
05:05:40	84	0,002115	
05:06:00	105	0,002644	
05:06:20	180	0,004532	
05:06:40	187	0,004708	
05:07:00	220	0,005539	
05:07:20	156	0,003927	
05:07:40	120	0,003021	
05:08:00	109	0,002744	
05:08:20	129	0,003248	
05:08:40	152	0,003827	
05:09:00	165	0,004154	
05:09:20	138	0,003474	
05:09:40	102	0,002568	
05:10:00	78	0,001964	

Zelené hodnoty migrační hustoty osob v *Tabulce č. 1* svou nižší hodnotou, než je limitující hodnota migrační hustoty osob, představují vyhovění požadavků. Naopak červené hodnoty jsou nevyhovující a vyžadují zavedení některých opatření, viz dále. Do *Grafu č. 2* jsou přenesené veškeré hodnoty z *Tabulky č. 1* a je zde patrná závislost migrační hustoty osob na čase.



Graf 2
Migrační hustota osob – stanice metra Anděl, Praha

Z *Grafu č. 2* je také patrné, že dochází v několika časových intervalech k překročení limitující hodnoty pro migrační hustotu osob. K překročení hodnot dochází v mezích od 05:06:00 do 05:07:40 a od 05:08:20 do 05:09:20. Díky tomuto zjištění lze nastavit optimální řešení možných opatření snižujících riziko přenosu virového onemocnění právě na tyto doby kulminace hodnoty migrační hustoty osob. Tato opatření mohou představovat:

- automatizaci pro vytvoření koridorů s regulací a s usměrněním toku proudu osob (tj. rozmělnění plošné zatíženosti),
- zvýšenou výměnu vzduchu,
- aktivování filtrace (rekuperace) vzduchu a další.

V tomto ohledu jde o jistou automatizaci efektivní aplikace opatření spojených s ochranou obyvatelstva. Z ekonomického hlediska se lze také pozastavit nad snížením finančních nákladů v rámci takto realizovaných opatření.

4 ZÁVĚR

Migrační hustota osob představuje veličinu, která dokáže pomoci při predikaci možných rizik a při efektivním zavádění preventivních opatření snižujících riziko nebezpečí. Veličina zohledňuje socioekonomické aspekty společnosti. Pokud je zadána limitující hodnota osob na m², lze díky migrační hustotě osob reflektovat skutečný stav plošné zatíženosti prostoru osobami v každém okamžiku. Vzhledem k realitě kolize stanovené přípustné hodnoty osob na

m² se skutečným stavem lze v tomto ohledu následně vytvářet a přijímat adekvátní opatření eliminující diskomfortitu systému. Cílem je nastavit postup pro zavádění ochranných opatření pouze v době, kdy skutečně jsou tato opatření opodstatněná. Výhodou tohoto procesu hodnocení veličinou migrační hustoty osob je její flexibilita vzhledem k monitorovanému prostředí.

Résumé

By evaluating the migration density of the population, we get a new perspective on enforcing security measures at the right time. Efficient use leads to a reduction in the total costs that must be incurred to completion these safety requirements. In this respect, the migration density of the population represents a tool for evaluating the culmination of the number of persons in the monitored area over a time unit set by us. This method of evaluation can be widely applied virtually anywhere. The migration density of the population reflects the regular socio-economic activities manifested here, in which individual subjects with socio-economic reactivity enter into themselves. Depending on this principle of socio-social action - reaction, we are able to create a real environment for compliance with security measures only for the necessary time. It is also possible to have a psychological effect on the crowd that no safety measures are required when the situation does not require it.

Literatura

- [1] APM RESEARCH LAB STAFF. The Color of Coronavirus: Covid-19 Deaths by Race and Ethnicity in the U.S. [online]. *American Public Media*. Minnesoty, USA, 03/2021. [cit. 2021-07-17]. Dostupné z: <https://www.apmresearchlab.org/covid/deaths-by-race>
- [2] ČERBA, Otakar. *Základy demografie a geografie obyvatelstva* [přednáška, online]. Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky, 2007. [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: <http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/ssgg/Materialy/Demografie.pdf>
- [3] FLEGR, Jaroslav. *Evoluce chování* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2005. [cit. 2021-08-01]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~flegr/dokumenty/evolchov.pdf>
- [4] TECHNICKÁ SPRÁVA KOMUNIKACÍ HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY. *Ročenka dopravy Praha 2016* [online]. Praha: Technická správa komunikací hlavního města Prahy, Úsek dopravního inženýrství, 2016. [cit. 2021-07-18]. Dostupné z: <https://www.tsk-praha.cz/static/udi-rocenka-2016-cz.pdf>
- [5] VLÁDA ČESKÉ REPUBLIKY. *Mimořádná a ochranná opatření – co aktuálně platí* [online]. Praha: Informační centrum vlády, 2021. [cit. 2021-07-17]. Dostupné z: https://www.vlada.cz/cz/epidemie-koronaviru/dulezite-informace/nouzovy-stav-a-mimoradna-opatreni_-co-aktualne-plati-180234/tmplid-560/
Citace: „Ministerstvo zdravotnictví České republiky nařizuje postup dle § 69 odst. 1 písm. i) a odst. 2 zákona č. 258/2000 Sb. a podle § 2 odst. 2 písm. b) až e) a i) zákona č. 94/2021 Sb. k ochraně obyvatelstva před dalším rozšířením onemocnění covid-19 způsobeného novým koronavirem SARS-CoV-2, dle kterého v provozovně nepřipustí přítomnost více zákazníků, než je 1 zákazník na 10 m² prodejní plochy.“
- [6] ZÁBRANSKÁ, Jindra. *Průzkum využívání souprav pražského metra cestujícími* [online]. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pemera, 2019. [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/73735/ZabranskaJ_Pruzkum_Vyuzivani_JB_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y