



SYNTETICKÉ IZOLAČNÉ MATERIÁLY A ICH ŠKODLIVÉ ÚČINKY PRI HORENÍ

Michaela Horváthová¹, Jana Müllerová²

ABSTRAKT

Na zateplenie budov sa v stavebníctve využíva nespočetné množstvo izolačných materiálov. V dnešnej dobe sa zatepluje s materiálmi aj na báze ropných produktov. Pri výbere a použití izolačných materiálov musíme dbať na ich požiaro-technické vlastnosti. Ak vznikne požiar, splodiny horenia syntetických izolačných materiálov a ich škodlivé účinky ohrozujú človeka prípadne zasahujúceho hasiča v budove. Článok popisuje niekoľko druhov izolačných materiálov z hľadiska chemického zloženia, toxicity a ich vplyvu na požiar. Popíšeme produkty horenia a ich toxické vlastnosti na človeka. Na závere je zhrnutých niekoľko bodov pre správnu organizáciu zásahu v škodlivom prostredí s toxickými plynmi.

Kľúčové slová: syntetické izolačné materiály, reakcia na oheň, toxicita plastov, produkty požiaru.

ABSTRACT

For thermal insulation of buildings it is used in building countless insulating materials. Nowadays, heat insulation material based on oil products. The selection and use of insulation materials have to pay attention to their fire-technical characteristics. If a fire combustion products of synthetic insulating materials and their harmful effects or endanger human encroachment firefighter in the building. The article describes several types of insulation material in terms of chemical composition, the toxicity and effect of the fire. We describe the combustion products and their toxic properties to humans. Finally, it summarized some points for the right organizations to intervene in harmful environment with toxic gases.

Key words: synthetic insulating materials, reaction to fire, toxicity plastic products of fire.

¹ Michaela Horváthová, Ing., Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul.1.mája 32, 010 26, Žilina, tel.: 041/513 6674, Michaela.Horvathova@fbi.uniza.sk

² Jana Müllerová Prof., Ing., PhD., Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Ul.1.mája 32, 010 26, Žilina, tel.: 041/513 6676, Jana.Mullerova@fbi.uniza.sk

ÚVOD

Počas svojho života človek trávi v uzavretých priestoroch veľa času, čo má nemalý vplyv na jeho kvalitu. Budovy nám majú zabezpečiť pohodlie, ale predovšetkým bezpečie. Požiare budov však každoročne prinášajú obeť a obrovské škody. Nepresné informácie týkajúce sa vlastností stavebných materiálov prispievajú k tragickým následkom. Dôležité je čo najbezpečnejšie naprojektovať stavbu, a tým znížiť ohrozenie života obyvateľov domu. Samozrejme príčina nemusí vždy vyplývať z projektu stavby, dôvodov môže byť viacej. Ako je spomenuté v štatistických ročenkách HaZZ SR z roku 2014 na území Slovenskej republiky. V budovách pre trvalé bývanie bolo zaznamenaných 1 459 požiarov s priamou škodou 4 448 530 €, ktoré si vyžiadali 19 ľudských životov a 130 osôb bolo zranených. Požiarovosť v týchto budovách ovplyvnili najmä požiare v rodinných domoch a v budovách bytového fondu. V rodinných domoch vzniklo 915 požiarov so škodou 3 358 455 €, 12 osôb bolo usmrtených a 66 zranených. V bytových domoch bolo zaevidovaných 494 požiarov s priamou škodou 891 845 €, sedem osôb bolo usmrtených a 59 bolo zranených [1].

V stavebníctve sa v súčasnosti používa veľké množstvo stavebných materiálov, ako aj izolačných materiálov. Pri výbere týchto materiálov sa musí prihliadať aj na ich požiaro-technické vlastnosti. Veľmi dôležitou charakteristikou, ktorá patrí medzi tieto vlastnosti je aj spalné teplo materiálu. Na jeho základe sa totiž stavebné materiály zatriedujú do tried reakcie na oheň [3]. Spalné teplo predstavuje maximálne množstvo tepla, ktoré sa pri horení môže uvoľniť z materiálu. Čím viac tepla dokáže zo seba materiál uvoľniť, tým viac podporuje horenie, čo je pri požiari nežiaduce. Preto sa na stavebné účely uprednostňujú materiály s čo najnižším spalným teplom, ktoré podporujú požiar minimálne alebo vôbec [4]. Taktiež je dôležitá produkcia dymu v podmienkach požiaru, ktorý ma negatívne účinky na človeka.

1 CHARAKTERISTIKA SYNTETICKÝCH IZOLAČNÝCH MATERIÁLOV

Izolácie sú jednou zo základných súčasti stavby, nezaobídeme sa bez nich, ich vhodným výberom aj aplikáciou významným spôsobom ovplyvníme úroveň kvality a bezpečnosti celého objektu. Tepelné izolácie umožňujú znížiť tepelné straty, tým aktívne znižujú energetickú náročnosť vykurovania, ale aj chladenia. Tepelná izolácia budov je dôležitým faktorom pre dosiahnutie tepelnej pohody jeho obyvateľov. Tepelnoizolačné materiály rozdeľujeme na základe materiálu na:

- na báze ropných produktov (polystyrén EPS, XPS, penový polyetylén a polyuretán),
- minerálne izolácie (minerálny pena, expandovaný perlit, minerálna vlna),
- izolácie z drevnej suroviny (mäkké vláknité dosky, cementotrieskové dosky),
- izolácie rastlinného pôvodu (slama, celulózoové vlákna),
- izolácie živočíšneho pôvodu (ovčia vlna) [2].

Keďže sa v polovici 60. rokov minulého storočia začali vo väčšej miere objavovať plasty (umelé produkty na báze ropy), ktoré sa široko uplatnili predovšetkým v izoláciách spodných častí budov, dnes samozrejme patria aj medzi najpoužívanejšie tepelné izolácie. Preto sa v tomto článku budeme venovať syntetickým tepelno-izolačným materiálom. Pri požiari je okrem vlastností konštrukcie a zaťaženia je rozhodujúci aj izolačný materiál sám o sebe. Medzi syntetické izolačné materiály, ktoré budeme v článku rozoberať je:

- expandovaný polystyrén EPS,
- extrudovaný polystyrén XPS,
- penový polyetylén,
- polyuretán [7].

1.1 EXPANDOVANÝ POLYSTYRÉN (EPS)

Je jedným z najbežnejších penových materiálov používaných v stavebníctve ako izolačný materiál. Pri jeho výrobe sa najprv pripravuje speňovateľný polystyrénový granulát, ktorý má podobu tvrdých, približne milimetrových perličiek [10].

Reakcia na požiar

Neupravený EPS má vysokú horľavosť, a tak znižuje požiarne bezpečnosť stavby. Ako prakticky všetky organické stavebné materiály je aj penový polystyrén (EPS) horľavý. Tieto vlastnosti sa odlišujú v závislosti na tom, či je bunecný materiál vyrobený z EPS s retardérom horenia alebo bez neho. Akonáhle je EPS vystavený teplote nad 100°C, začína mäknúť, sublimovať a v konečnej fáze sa taví. Pri vyšších teplotách dochádza v dôsledku rozkladu taveniny ku tvorbe plynných horľavých produktov. Polystyrén reaguje pri horení podobne ako iné uhl'ovodíky, ako sú drevo, papier, atď. Produkty vznikajúce pri spaľovaní sú v podstate oxid uhoľnatý a styrén. Styren sa môže ďalej rozkladať, čím dochádza ku vzniku oxidov uhlíka, vody a istého množstva sadzí (dym). EPS je vyrábaný v dvoch typoch, t. z. ako štandardná verzia a ako verzia s retardérom horenia, ktorá sa označuje kódom "S". Typy so zníženou horľavosťou, teda tzv. samozhášavé typy (S), ktoré podstatným spôsobom sťažujú zapálenie materiálu, výrazne znižujú rýchlosť šírenia požiaru [12].

Toxicita

Ak je EPS vystavený plameňom, horí, vytvára sa množstvo hustého, čierneho dymu, ktorý obvykle zodpovedá hmote spotrebovanej pri požiari. Aj keď pri horení EPS vzniká tmavý dym, toxicita uvoľnených dymových plynov je oveľa nižšia ako toxicita iných, bežne využívaných materiálov. Dymové plyny z EPS sa v celom rozsahu prejavovali ako rovnako alebo aj menej toxické ako dymové plyny z prírodných produktov. V tabuľke sú uvedené hodnoty objemu oxidu uhoľnatého a styrenového monoméru uvoľňované pri horení samozhášavého EPS. Polystyrén nad 320°C sa PS rozkladá depolymerizáciou na malé množstvo styrenu a dimeru, Okolo

425°C dochádza k štiepeniu reťazca polystyrénu na styren. Pri teplote 825°C - nárast splodín horenia, predovšetkým etylénu, benzénu a toluénu [11] [12].

Tabuľka 1. Toxicita dymových plynov z EPS [12]

Toxicita dymových plynov z EPS					
Vzorka	Dymové plyny pri požari	Emitované frakcie (v/v) v ppm pri rôznych teplotách			
		300°C	400°C	500°C	600°C
EPS (bez retardéru horenia) Dymové plyny pri požari	Oxid uhoľnatý	50*	200*	400*	1000*
	Monoméreny styrén	200	300	500	50
	Iné aromatické zlúčeniny	zlomky	10	30	10
	Bromovodík	0	0	0	0
EPS (verzia s retardérom horenia)	Oxid uhoľnatý	10*	50*	500*	1000*
	Monoméreny styrén	50	100	500	50
	Iné aromatické zlúčeniny	zlomky	20	20	10
	Bromovodík	10	15	13	11

*tlenie/rozžeravenie



Obr. 1 Expandovaný polystyrén [13]

1.2 EXTRUDOVANÝ POLYSTYRÉN (XPS)

Extrudovaný (XPS) a expandovaný (EPS) polystyrén sú dva rôzne výrobky, extrudovaný je odolný voči vode, pretože ma uzatvorenú štruktúru, pre izolácie v interiéri a fasádny systém sa používa predovšetkým expandovaný. Výroba základnej suroviny XPS je podobná ako pri EPS s tým, že tavenina polystyrénu s nadúvadlom sa vytlačuje závitnicou do požadovaného bloku. Celá výroba je dosť zložitá, a preto je aj extrudovaný polystyrén výrazne drahší ako EPS. Extrudovanou výrobou dostáva polystyrén vyššie pevnostné charakteristiky a nízku nasiakavosť. Pre tieto vlastnosti je vhodný na použitie pri obrátených plochých strechách. Rovnako vhodný je aj na vodorovné alebo zvislé izolácie pod úrovňou terénu. Používa sa však najmä na izoláciu základov, stien a podláh. Na oba druhy polystyrénov negatívne pôsobia organické rozpúšťadlá a teploty vyššie ako 75 °C [9] [10].

Reakcia na oheň

V prítomnosti zdroja zapálenia výrobok horí. Jeho dym sa líši v závislosti od zásobenia kyslíkom a okolitej teploty. Pri nižšej teplote nehorí, bod vzplanutia 380°C, cca. do 500°C má čierny dym. Reakcia na oheň – E [14][5]. Pri výrobe polystyrénu boli pridané prísady na zníženie horľavosti polystyrénu vďaka čomu je samozhášavý, čiže nevedie oheň a je podstatným spôsobom sťažené zapálenie materiálu a výrazne znižujú rýchlosť šírenia požiaru. Extrudovaný polystyrén Styrodur C už dlhodobo vykazuje horľavosť C1. To znamená, že podľa STN 730862 je ťažko horľavý[9].



Obr. 2 Extrudovaný polystyrén [13]

1.3 PENOVÝ POLYETYLÉN

Polyetylén sa vyrába polymerizáciou plynného eténu. Vzniká vytlačovaním (extrúziou) taveného polyetylénu, ktorý je sytený plynom. Najčastejšie sa používa do podláh, ako pružná útlmová fólia (s hrúbkou 5 mm) na elimináciu krokového hluku a vrzganja vzniknutého trením dvoch tvrdých vrstiev [10]. Používa sa aj na izoláciu

potrubia či plošnú izoláciu striech. Tento materiál má dobrú flexibilitu a veľmi ľahko ho upravíme na požadovaný rozmer [8].

Reakcia na oheň

Polyetylén je horľavý ako vosky alebo parafíny. Pri dodatočných úpravách, chlórovaním alebo plnením sa dá dosiahnuť aj jeho nehorľavosť. Vynikajúcou vlastnosťou sú jeho termoizolačné schopnosti. Tie zabezpečuje vysoký počet nepolárnych molekúl. Horľavosť je C3. U polyetylénu dochádza už pri pomerne nízkych teplotách (80-90°C) k strate pevnosti. Pri horení sa tepelne rozkladá za vzniku toxických a dráždivých látok. Prach je výbušný [8]. Produkt sa môže elektrostaticky nabíjať. Teplota vzplanutia je 370°C. Bod topenia je 100°C. Pri horení sa tvorí oxid uhoľnatý a iné toxické a dráždivé dymy [5] [6].



Obr. 3 Penový polyetylén [13]

1.4 POLYURETANOVÁ TVRDÁ PENA

Rozlišujeme mäkký polyuretán a tvrdú polyuretánovú penu. Mäkký je známy aj pod názvom molitan a v stavebníctve sa takmer vôbec nepoužíva. O to viac je jeho využitie žiadané pri výrobe matracov. Penový polyuretán patrí medzi najlepšie izolačné materiály, ba podľa niektorých odborníkov ide o najúčinnnejšiu tepelnú izoláciu vôbec. Polyuretány patria k najnovším izolačným materiálom. Najznámejšie sú montážne polyuretánové peny v striekacích aparátoch. Tieto materiály používame na dodatočné doizolovanie otvorových konštrukcií, kde do vzniknutého montážneho otvoru vstrekneme nenapenenú látku, ktorá zreaguje s okolitým vzduchom a potom vyplní otvor, kde po určitom čase dosiahne pružnosť [10].



Obr. 4 Polyuretánová pena[13]

Reakcia na oheň

Reakcia peny na oheň je klasifikovaná, ako veľmi horľavý materiál – e, taktiež rozširuje požiar [15]. Polyuretán pri teplotách 800 – 1000°C tvorí uhl'ovodíky. Pri 800°C sa dym rozkladá za vzniku oxidu uhoľnatého, kyanovodíku, acetonitrilu, akrylonitrilu, pyridínu, isokyanátu, alkoholu, aldehydu a ďalších zlúčenín [5] [6].

2 ŠKODLIVÉ ÚČINKY SYNTETICKÝCH IZOLAČNÝCH MATERIÁLOV NA ČLOVEKA

Smrť až dvoch tretín obetí požiarov nespôsobuje oheň, ale dym. Komplikuje riadenie záchranných akcií a znižuje schopnosť orientácie v priestore. Z tohto dôvodu musia etikety stavebných výrobkov označené eurotriedami rovnako uvádzať množstvo emisií a vývinu dymu. Vďaka tomuto značeniu nielen profesionáli, ale i užívatelia majú možnosť identifikovať výrobky, ktoré môžu priniesť potenciálne ohrozenie. Bez testovania je známe, že výrobky s klasifikáciou triedy reakcie na oheň A1 dym takmer nevytvárajú a výrobky triedy E alebo F ho vytvárajú vo veľkom množstve. Stavebné výrobky zahrnuté v triedach od A2 do E musia byť dodatočne klasifikované podľa plamenne horiacich častíc, ktoré môžu spôsobiť ďalšie šírenie požiaru [14]. Pochopiteľne sa to netýka materiálov triedy A1, pretože tieto nehoria a plamenne horiace kvapky nevytvárajú.

Produkty horenie syntetických izolačných materiálov a ich toxické vlastnosti [11]:

- oxid uhličitý a oxid uhoľnatý – obmedzujú prijímanie kyslíka krvou, spôsobujú dýchacie ťažkosti, ochorenia dýchacích ciest, pri vysokých koncentráciách smrteľnú otravu.
- uhl'ovodíky – majú rozličné účinky podľa zloženia, polycyklické aromatické uhl'ovodíky majú rakovinotvorný účinok a spôsobujú tvorbu prízemného ozónu.
- Isokyanáty - sú typické pre splodiny polyuretánov, majú dráždivé účinky a alergické účinky, v nízkych koncentráciách môžu viesť k vzniku astmatických záchvatov spojené so závratmi.

- etylén - dráždi oči a dýchacie cesty, plyn je málo jedovatý, má narkotický účinok, môže pôsobiť ochrnutie dýchacích centier, spôsobuje omrzliny, ospalosť, závrat, bezvedomie [16].
- prašné častice – drobné čiastočky sa dostávajú až do pľúcnych lalokov, kam súčasne vnášajú aj jedovaté látky ako ťažké kovy a uhl'ovodíky.
- styrén - charakteristický zápach, ktorý sa dá zistiť pri koncentrácii od 25 ppm do 50 ppm a ktorý začína byť neznesiteľný pri koncentrácii v rozsahu 200 až 400 ppm. Takýto zápach predstavuje potom výstrahu, že je nutné okamžite opustiť postihnutý priestor. Podráždenie očí a dávenie sa môžu objavovať pri koncentrácii 600 ppm a niektoré neurologické poruchy sa môžu vyskytovať pri koncentrácii 800 ppm.
- kyanovodík - bezfarebná prudko jedovatá tekutina, charakteristicky páchnuca po mandliach. Spôsobuje ochrnutie dýchacieho systému.
- akrylonitril - bezfarebná jedovatá kvapalina. Je nebezpečná pri kontakte s pokožkou alebo očami. Nadmerné vystavenie môže spôsobiť smrť. Jedná sa o potencionálny karcinogén.
- benzén - Je za normálnych podmienok kvapalina sladkastej vône. Je jedovatý. Akútna otrava nastáva pri koncentrácii 10 mg/l vzduchu. Medzi prejavy akútnej otravy benzénom patria závrate, zvracanie, prípadne až bezvedomie.
- toluén - do organizmu prichádza dýchacím traktom ako aj resorbciou cez pokožku. Spôsobuje nevoľnosť, únavu a bolesti hlavy. Dlhodobo dochádza k vzniku psychóz a poškodeniu obličiek a pečene [17].

3 ZÁSAH V ŠKODLIVOM PROSTREDÍ

Dym hrá pri požari významnú rolu. Veľmi hustý dym je vážnou prekážkou pri hľadaní únikového východu, čím narastá riziko pre obyvateľov. Dym môže byť taktiež toxický, alebo môže mať nízky obsah kyslíku, pričom čiastočky sadzí sú schopné blokovat' a nepriaznivo ovplyvňovat' dýchacie orgány. Pri posudzovaní potenciálnych dymových emisií z izolačných materiálov pri požari v budove patrí medzi základné zvažované faktory možný rozsah plameňov šíriacich sa po povrchu, podmienky vetrania a rýchlosť rozkladu materiálu.

Organizácia zásahu hasičských jednotiek v priestoroch s podozrením na výskyt nedýchatel'ného a zdraviu škodlivého prostredia:

- veliteľ zásahu určí bezpečnou zónou,
- veliteľ nariaďuje zasahujúcim príslušníkom, pracovníkom alebo členom hasičskej jednotky mať najvyšší stupeň ochrany,
- musia byť použité ochranné prostriedky napr.: ochranný oblek, dýchací prístroj, rukavice, obuv, prilba,
- účinok toxických látok človeka závisí od:
 1. veľkosti dávky,
 2. dĺžky pôsobenia na organizmus,
 3. zdravotného stavu organizmu

ZÁVER

Vhodný výber tepelnoizolačného materiálu môže zvýšiť pasívnu požiaru odolnosť stavby. Izolačný materiál nesmie meniť svoje charakteristiky ani pri pôsobení klimatických vplyvov a svoje rozmery si musí zachovať aj pri teplotných zmenách. Tiež je dôležité, aby sa izolácia dala ľahko a rýchlo upraviť na požadovaný rozmer a tvar. Taktiež z podstatných vecí je dodržiavanie správneho stavebného postupu pri montáži izolačných materiálov. V prípade ak je požiar v budove, kde boli použité syntetické izolačné materiály nutné upozornenie na špecifické nebezpečenstvo pre zasahujúceho. Syntetické izolačné materiály pri požiari ako aj pri hasení tvoria toxické a dráždivé dymy, pri takomto zásahu je nutné používať špecifické ochranné vybavenie pre hasičov. Avšak pokiaľ ide o toxicitu v prípade požiaru dosahujú syntetické materiály o čosi lepšie výsledky ako prírodné izolačné materiály.

LITERATÚRA

- [1] Štatistická ročenka 2014. Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky. Prezídium Hasičského a záchranného zboru. Tlačiareň MV SR.
- [2] ŠEVĚČEK, P., NETOPILOVÁ, M. 1986. *Nauka o materiálu II : Požárně-technické vlastnosti syntetických a přírodních materiálů*. Ostrava : Vysoká škola báňská. 1986. 199 s.
- [3] OSVALD A., KRAJČOVIČOVÁ, J., MITTEROVÁ, I., ORÉMUSOVÁ, E. 2009. *Hodnotenie materiálov a konštrukcií pre potreby protipožiarnej ochrany*. Zvolen: Technická univerzita, 2009. 355 s. ISBN 978-80-228-2039-4.
- [4] NOVOTNÝ M., KEIM L., ŠALA J., SVOBODA Z., 1994, *Tepelné izolace a stavební tepelná technika*. Praha 1, nakladatelství ARCH, 1994, ISBN 80-901608-0-8.
- [5] NETOPILOVÁ M., KAČÍKOVÁ D., OSVALD A., 2010, *Reakce stavebních výrobku na oheň*. Ostrava, Edice SPBI Spektrum, ISBN 978-80-7385-093-7.
- [6] ORÉMUSOVÁ, E. 2004. *Spalné teplo a klasifikácia tried reakcie na oheň pre stavebné materiály*. In ARPOS. ISSN 1335-5910, 2004, č. 16-17, s. 10-13.
- [7] MASARIK I., 2003: *Plasty a jejich požární nebezpečnosti*, EDICE SPBI SPEKTURM, ISBN 80-86634-16-7.
- [8] PROLABSYS. 2011. *Vlastnosti polyethylenu* [on-line] 2011. [cit.: 2016-3-20], Dostupné na : http://www.prolabsys.cz/shop/files/PE_VLASTNOSTI.pdf
- [9] RAVATHERM. 2014. *Karta bezpečnostných údajov*. [on-line] 2014. [cit.: 2016-3-20], Dostupné na: http://ravatherm.com/files/2014/07/MSDS_RAVATHERM_XPS_SK.pdf
- [10] DAŇKOVÁ D., HEJHÁLEK J., 2011. *Tepelné izolácie - prehľad, materiály, druhy, spôsoby použitia*. [on-line] 2011. [cit.: 2016-3-20], Dostupné na: <http://www.istavebnictvo.sk/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>
- [11] DVORÁK, O., PEKAR, V. S.: *Nebezpečie toxicity splodín horenia polymérnych materiálov*, Požární ochrana 2001, Sborník přednášek, VŠB – Technická univerzita Ostrava 2001.

- [12] POLYFORM, 2015. *Reakcia penového polystyrénu v prípade požiaru*. [on-line] 2011. [cit.: 2016-3-20], Dostupné na: <http://www.polyform.sk/files/ReakciaPSEPoziar.pdf>
- [13] TZBINFO, 2015. *Izolácia – ochrana alebo ohrozenie*. [on-line] 2011. [cit.: 2016-3-20], Dostupné na: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/12703-izolacia-ochrana-alebo-ohrozenie>
- [14] STN EN 13501-1 Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň z 1. 1. 2004.
- [15] EN 13238: 2001 zavedená v STN EN 13238: 2003 Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň.
- [16] ORINČÁK, M.: *Požiarne simulačné programy (Fire software)*, In: Zborník Ochrana pred požiarimi a záchranné služby, 4. vedecko-odborná konferencia s medzinárodnou účasťou, Žilina 2.6.-3.6. 2010. ISBN 978-80-554-0208-6.
- [17] *Aplikácia simulačného programu pri vyhodnotení úniku chemických nebezpečných látok* / Michal Orinčák. In: Riešenie krízových situácií prostredníctvom simulačných technológií [elektronický zdroj]: zborník vedeckých prác z medzinárodnej vedeckej konferencie v Liptovskom Mikuláši 22. októbra 2013. - Liptovský Mikuláš: AOS gen. M. R. Štefánika, 2013. - ISBN 978-80-8040-481-9.