



Synthèse de l'article

Spatial analysis of wildlife-train collisions on the Czech rail network.

Janvier 2021

Référence

Nezval, V., & Bíl, M. (2020). Spatial analysis of wildlife-train collisions on the Czech rail network. *Applied Geography*, 125, 102304.

 <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102304>

Analyse spatiale des collisions entre la faune sauvage et les trains sur le réseau ferroviaire tchèque



Par Lasy - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48303073>



Résumé

Les collisions entre la faune sauvage (en particulier les animaux) et les trains, en particulier celles qui impliquent de grands mammifères, constituent une menace pour la sécurité et la continuité des opérations ferroviaires. Afin d'identifier les lieux de ces collisions les plus dangereuses et leur répartition spatiale, cette étude a recueilli 1 909 incidents avec les animaux qui ont eu lieu en République tchèque entre 2011 et 2019. 208 points chauds ont été identifiés en utilisant la méthode d'estimation par noyau, KDE¹. Ils contenaient 782 collisions (41,2 %) recensées sur 0,7 % de la longueur du réseau ferroviaire tchèque. L'étude a également identifié et classé les points chauds les plus importants des collisions en utilisant un paramètre de risque collectif et a démontré qu'elles se sont produits plus fréquemment à proximité d'une forêt ou d'un cours d'eau et sont plus éloignés des terres arables ou des zones urbaines/industrielles par rapport à d'autres endroits sur l'ensemble du réseau ferroviaire tchèque. Les résultats peuvent aider à placer les mesures de sécurité en cas d'accident, car une grande partie des accidents ne se sont produits que sur moins de 1 % du réseau ferroviaire.

Sommaire

Enjeux	3
Contexte	3
Mortalité de la faune sauvage sur les voies ferrées	3
Facteurs contribuant aux collisions	4
Objectif	4
Méthodes	4
Identification des points chauds de collision les plus importants	4
Analyse de la structure spatiale des accidents	5
Résultats	5
Fréquence des collisions	5
Les endroits les plus dangereux des collisions sur le réseau ferroviaire tchèque	5
Répartition spatiale des collisions en ce qui concerne l'utilisation des terres	6
Discussion	6
A propos de la fréquence des collisions en République tchèque	6
Points chauds des collisions sur le réseau ferroviaire tchèque	7
La répartition spatiale des collisions en République tchèque	7
Conclusion	7
Références	8

1 La méthode d'estimation de noyau par noyau (KDE+) permet l'identification des agrégats spatiaux ou les concentrations d'un semis de points. Elle utilise les SIG et l'analyse spatiale statistique.

Enjeux

Le transport ferroviaire est généralement considéré comme plus respectueux de l'environnement que le transport routier en raison d'une consommation d'énergie et d'émissions de dioxyde de carbone plus faibles ou d'une capacité de transport plus élevée par unité (Agence internationale de l'énergie, 2009 ; Agence Internationale de l'Energie et Union Internationale des Chemins de fer, 2017 ; Rodrigue *et al.*, 2017). En outre, les remblais ferroviaires peuvent servir de refuge à certaines espèces (Kaczmarek & Kaczmarek, 2016 ; Kalarus & Bąkowski, 2015 ; Moroń *et al.*, 2014 ; Wrzesień *et al.*, 2016) et l'infrastructure ferroviaire peut avoir un effet positif sur les oiseaux, car les ponts, les lignes électriques ou les panneaux de signalisation peuvent fournir des perchoirs pour la chasse et les sites de nidification (Morelli *et al.*, 2014).

Malgré ces aspects positifs, l'infrastructure ferroviaire entraîne une fragmentation des habitats qui affecte les déplacements quotidiens de la faune (Barrientos & Borda-de-Água, 2017 ; Bartoszek & Greenwald, 2009). Cela conduit à des collisions entre faune sauvage et trains qui ne sont généralement pas étudiées de manière approfondie en raison d'un manque de données pertinentes. Les collisions peuvent cependant avoir un impact plus important sur certaines espèces animales (Schwartz & Bartley, 1991 ; Van der Grift, 1999), car les trains sont capables de tuer un certain nombre d'animaux en une fois. Selon Seiler *et al.* (2014), les accidents avec la faune sauvage ont des impacts sur la société, en termes éthiques (souffrance animale), sociaux (environnement de travail des conducteurs de train), économiques (dommages liés aux accidents et indemnisation consécutive) et écologiques (mortalité).

Contexte

Mortalité de la faune sauvage sur les voies ferrées

La mortalité de la faune sauvage sur les voies ferrées est due aux collisions directes avec les véhicules, à l'électrocution, au piégeage ou à des blessures causées par des câbles (Dorsey *et al.*, 2015). Les collisions directes représentent l'impact le plus visible du trafic ferroviaire sur la faune sauvage et peuvent être considérées comme la principale cause de mortalité animale sur les voies ferrées (Santos *et al.*, 2017). Un certain nombre d'auteurs se sont principalement intéressés aux collisions directes avec de grands mammifères. Les dégâts des trains sur les amphibiens (Budzik & Budzik, 2014 ; Dornas *et al.*, 2019) ou des lièvres (Reck & Schmäuser, 2019) ont également été étudiées.

Diverses mesures d'atténuation ont été testées pour éviter les collisions avec la faune le long des infrastructures de transport, telles que des clôtures (Barrientos *et al.*, 2019 ; Carvalho *et al.*, 2017 ; van der Grift, 1999), diverses structures de passage (McCollister & van Manen, 2010 ; Simpson *et al.*, 2016), des signaux sonores (Babińska-Werka *et al.*, 2015 ; Backs *et al.*, 2017) ou des odeurs répulsives (Andreassen *et al.*, 2005 ; Bil *et al.*, 2018 ; Kušta *et al.*, 2015). Les méthodes de surveillance et d'atténuation de la mortalité de la faune sauvage sur les voies ferrées ont été examinées en détail par Carvalho *et al.* (2017). Parmi les mesures étudiées, les clôtures peuvent être considérées comme l'une des plus efficaces pour bloquer l'accès de la faune sauvage aux voies ferrées. Elle doit cependant être combinée à d'autres dispositifs tels que les passages souterrains ou supérieurs afin de maintenir la connectivité du paysage et permettre les flux de gènes.

Facteurs contribuant aux collisions

Les questions de fréquence, de circonstances et de lieu des collisions entre les véhicules à moteur ou électriques et la faune sauvage sont moins présentes dans la littérature scientifique relative aux chemins de fer que pour celle relative aux routes. Néanmoins, certaines conclusions sont valables pour les deux modes de transport. Parmi elles :

- Le schéma temporel des collisions (Bartonička *et al.*, 2018 ; Haikonen & Summala, 2001 ; Krauze-Gryz *et al.*, 2017), car l'activité des animaux sauvages, en particulier des ongulés, est généralement plus élevée entre le coucher et le lever du soleil ;
- La structure du paysage (Bartonička *et al.*, 2018 ; Jensen *et al.*, 2014), car les zones forestières sont souvent plus dangereuses ;
- Les conditions environnementales (Andersen *et al.*, 1991 ; Gundersen & Andreassen, 1998 ; Gundersen *et al.*, 1998 ; Popp *et al.*, 2018), telles que l'épaisseur de la neige et les basses températures sont liées au nombre de collisions avec des orignaux ou des wapitis ;
- Les ressources alimentaires à proximité des voies ferrées (Murray *et al.*, 2017), tels que les céréales déversées par les trains de marchandises peuvent attirer la faune ;
- La densité de la faune à proximité des voies ferrées (Jasińska *et al.*, 2019) ;
- La vitesse des véhicules et l'intensité du trafic (Jasińska *et al.*, 2019 ; Visintin *et al.*, 2018).

Les facteurs qui déterminent les points chauds des accidents sont appelés facteurs locaux. Il s'agit, par exemple, de la proximité d'une forêt, de l'existence d'un cours d'eau ou de certains obstacles qui modifient le mouvement de la faune.

Objectif

L'objectif de ce travail est d'étudier les modèles d'accidents de la circulation et d'identifier les localisations critiques au sein du réseau ferroviaire tchèque où les collisions avec des animaux sauvages sont fréquentes. Ces informations devraient permettre de mieux protéger toute à la fois les voies ferrées et les animaux sauvages. Ce travail se concentre également sur l'utilisation des terres environnantes. Il répond aux questions de recherche suivantes : **(1)** Quelle est la fréquence des collisions en République tchèque ? **(2)** Où sont situés les points chauds les plus importants de ces collisions ? **(3)** Quelle est la distribution spatiale des collisions ?

Méthodes

Identification des points chauds de collision les plus importants

La méthode développée par Bíl *et al.*, (2016 : www.kdeplus.cz) permet d'estimer la distribution des points chauds de collision grâce l'ensemble des données observées. Les données proviennent de la base de données de l'Administration de l'infrastructure ferroviaire tchèque (Cria), du Bureau d'inspection de la sécurité ferroviaire et de l'application web intitulée Srazenazver.cz (Bíl *et al.*, 2017 ; www.srazenazver.cz).

Cette approche a été utilisée dans plusieurs études sur la mortalité de la faune sauvage le long des réseaux de transport dans différents pays (par exemple, Dornas *et al.*, 2019 ; Favilli *et al.*, 2018 ; Heigl *et al.*, 2017).

Un total de 1 909 enregistrements de collisions a été recueilli entre 2011 et 2019. Il comprenait des collisions avec des animaux sauvages tels que les chevreuils (*Capreolus capreolus*), les sangliers (*Sus scrofa*), les cerfs rouges (*Cervus elaphus*), les renards roux (*Vulpes vulpes*), les daims (*Dama dama*), les blaireaux européens (*Meles meles*), les lièvres européens (*Lepus europaeus*), les mouflons (*Ovis orientalis*). Cependant toutes les espèces n'ont pas pu être identifiées. La plupart des enregistrements (99,3 %) contenaient des informations sur la localisation spatiale de l'accident en utilisant soit un système de positionnement linéaire (LSS), soit des coordonnées GPS. Les données sans localisation spatiale (0,7 %) n'ont pas pu être utilisées pour l'analyse spatiale et ont donc été exclues de l'analyse.

Enfin, les données du réseau ferroviaire de la Cria, les données sur l'utilisation des sols du projet OpenStreetMap (www.openstreetmap.org), les données sur les zones urbanisées de la base de données Data200 (www.cuzk.cz) ou les données sur les flux du projet Dibavod (www.dibavod.cz) ont été utilisées.

Les points chauds identifiés ont ensuite été classés en fonction de leur importance, elle-même évaluée en fonction de deux paramètres :

- La force des groupes d'animaux (« *Cluster Strength* »), un nombre sans dimension qui quantifie l'importance relative des groupes (voir Bíl *et al.*, 2013) ;
- Le risque collectif (CR) exprimé comme une combinaison de la force des groupes d'animaux et de la densité des collisions dans le groupe (voir Favilli *et al.*, 2018). Le risque collectif représente non seulement la dangerosité d'un lieu particulier, mais aussi le nombre d'accidents dans un point chaud particulier.

Analyse de la structure spatiale des accidents

Afin de mieux caractériser les lieux où les collisions se sont produites, la proximité des collisions localisées par rapport aux catégories d'utilisation des terres (forêt, ferme, prairie, zone urbaine et industrielle) et aux caractéristiques du paysage (cours d'eau) a ensuite été étudiée et évaluée.

Résultats

Fréquence des collisions

La fréquence des collisions a été multipliée par huit au cours de la période surveillée, passant de 58 collisions en 2011 à 481 collisions en 2019. Les plus fréquentes étaient les chocs avec des ongulés (chevreuils et sangliers), qui représentaient 82 % de toutes les collisions signalées sur le réseau ferroviaire tchèque. La fréquence des collisions avec les chevreuils a été relativement stable tout au long de l'année, tandis qu'une tendance différente a été constatée pour les collisions avec les sangliers. Ces accidents se sont produits plus souvent au cours du second semestre de l'année (d'août à décembre). Dans 43 cas, l'espèce d'animal sauvage n'a pas pu être identifiée. 13,7 % de toutes les collisions se sont produites avec plus d'un individu de la même espèce, comme quatre sangliers ou deux chevreuils. Les sangliers étaient alors les plus fréquemment impliqués dans ces accidents multiples (71 %).

Les endroits les plus dangereux des collisions sur le réseau ferroviaire tchèque

647 sections ferroviaires sur 3014 (21,5 %) ont fait l'objet d'au moins une collision et 181 sections (6 %) avec au moins un point chaud sur l'ensemble du réseau ferroviaire tchèque. Un total de 208 points chauds de collisions a été identifié, contenant 782 collisions (41,2 %) et représentant seulement 0,7 % de la longueur du réseau ferroviaire tchèque. Le nombre de collisions dans les points chauds

individuels a varié de 2 à 42 incidents. Plus de la moitié des points chauds identifiés (52,4 %) n'ont enregistré que deux collisions. Les points chauds étaient concentrés dans la partie nord-ouest de la République tchèque (Fig. 4) près des villes d'Ústí nad Labem (numéro 1) et de Liberec (numéro 2).

Fig. 4. Les points chauds de collisions (n = 208) sur le réseau ferroviaire tchèque entre 2011 et 2019 sur la base des données collectées qui ont pu être localisées dans l'espace (n = 1 896).



Répartition spatiale des collisions en ce qui concerne l'utilisation des terres

Selon les chercheurs, il est évident que les collisions se sont produits plus fréquemment près des forêts et près des prairies et des ruisseaux par rapport à d'autres endroits se situant le long des voies ferrées. Plus de la moitié des collisions (52,5 %) étaient situés à une distance de 100 m d'une forêt. Dans un rayon de 300 m, cette proportion était encore plus élevée, dépassant 75 %. Le résultat inverse a été observé pour les zones agricoles ou urbaines/industrielles, qui étaient généralement plus éloignées des collisions.

Discussion

À propos de la fréquence des collisions en République tchèque

Avec des longueurs de lignes de chemin de fer similaire, la République tchèque enregistre moins de collisions que la Suède (Seiler *et al.*, 2011). De même, le nombre de collisions avec les chevreuils et les sangliers sont nettement supérieurs en Pologne qu'en République tchèque.

Un taux plus élevé de collisions signalées peut être lié à de nombreux facteurs différents. Il est toutefois probable que certaines collisions sur le réseau ferroviaire tchèque n'aient pas été enregistrées. En outre, ces accidents ne sont pas au centre de l'attention en République tchèque, principalement en raison des faibles dommages subis par les véhicules ferroviaires et des faibles risques de blessures pour les passagers.

Les chercheurs prévoient que les dommages causés aux véhicules ferroviaires augmenteront à l'avenir en raison de deux facteurs :

- La tendance à l'augmentation des collisions déjà mentionnée.
- Le remplacement progressif de locomotives anciennes et robustes par des unités légères, augmentant ainsi la vulnérabilité des trains et conduisant finalement à des réparations plus coûteuses et parfois à des retards importants (des questions similaires sont également discutées en Suède,



voir Seiler & Olsson, 2017).

Points chauds des collisions sur le réseau ferroviaire tchèque

Le fait que les points chauds ne couvrent que 0,7 % de la longueur du réseau ferroviaire tchèque pourrait être important pour l'efficacité des efforts d'atténuation, car le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire ne doit se concentrer que sur une petite partie du réseau ferroviaire (65 km dans ce cas particulier). La mise en œuvre de mesures appropriées à ces endroits permettrait de réduire considérablement le nombre de collisions et d'accroître ainsi la sécurité du trafic ferroviaire.

La répartition spatiale des collisions en République tchèque

Les collisions recensées ont été plus fréquentes près des zones forestières et moins fréquentes près des terres arables ou des zones urbaines/industrielles.

En outre, les conducteurs de train suédois ont perçu les zones dégagées et déboisées comme étant moins risquées que les voies ferrées entourées d'une végétation dense (Seiler *et al.*, 2011). La gestion de la végétation le long d'une infrastructure de transport peut contribuer à réduire le risque de collision avec des animaux (Jaren *et al.*, 1991 ; Seidel *et al.*, 2018 ; Seiler *et al.*, 2011), car elle réduit l'attrait de l'habitat pour les animaux forestiers (Luell *et al.*, 2003 ; Keken *et al.*, 2019). Elle améliore également la visibilité des environs de la voie ferrée pour le conducteur du train.

Conclusion

Cette étude a permis de mieux comprendre les collisions entre la faune et les trains en République tchèque. La fréquence des collisions signalées a augmenté rapidement entre 2011 et 2019. Les plus fréquentes sont les collisions avec les chevreuils et les sangliers, qui représentent 82 % de toutes les collisions signalées au cours de la période surveillée. Les analyses spatiales ont révélé que les collisions se produisaient plus fréquemment près des forêts et des cours d'eau que près des zones arables, urbaines et industrielles. 208 points chauds ont été identifiés sur le réseau ferroviaire tchèque. Ils contenaient 782 collisions (41,2 %) et ne représentaient que 0,7 % de la longueur du réseau ferroviaire tchèque. Les points chauds étaient concentrés dans la partie nord-ouest de la République tchèque. Les efforts d'atténuation seront les plus efficaces s'ils sont immédiatement dirigés vers ces endroits.

synthèse Charlotte Navarro,
chargée de missions

relecture Hélène Soubelet,
directrice de la FRB

Julie de Bouville,
experte en communication

Références

R. Andersen, B. Wiseth, P.H. Pedersen, J. Jaren. Moose-train collisions: Effects of environmental conditions, *Alces*, 27 (1991), pp. 79-84

Andreassen *et al.*, 2005

H.P. Andreassen, H. Gundersen, T. Storaas, The effect of scent-marking, forest clearing, and supplemental feeding correlated with the number of moose, *The Journal of Wildlife Management* 69(3), 1125-1132, (2005), [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2005\)069\[1125:TEOSFC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)069[1125:TEOSFC]2.0.CO;2)

J. Babińska-Werka, D. Krauze-Gryz, M. Wasilewski, K. Jasińska. Effectiveness of an acoustic wildlife warning device using natural calls to reduce the risk of train collisions with animals, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38 (2015), pp. 6-14, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.04.021>

J.A.J. Backs, J.A. Nychka, C.C. St. Clair. Warning systems triggered by trains could reduce collisions with wildlife, *Ecological Engineering*, 106 (A) (2017), pp. 563-569, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.024>

R. Barrientos, F. Ascensão, P. Beja, H.M. Pereira, L. Borda-de-Água. Railway ecology vs. road ecology: Similarities and differences, *European Journal of Wildlife Research*, 65 (2019), p. 12, <https://doi.org/10.1007/s10344-018-1248-0>

T. Bartonička, R. Andrášik, M. Duľa, J. Sedoník, M. Bíl. Identification of local factors causing clustering of animal-vehicle collisions. *Journal of Wildlife Management*, 82 (5) (2018), pp. 940-947, 1 <https://doi.org/10.1002/jwmg.21467>

J. Bartoszek, K. Greenwald. A population divided: Railroad tracks as barriers to gene flow in an isolated population of marbled salamanders (*Ambystoma opacum*) *Herpetological Conservation and Biology*, 4 (2) (2009), pp. 191-197

M. Bíl, R. Andrášik, T. Bartonička, Z. Křivánková, J. Sedoník. An evaluation of odor repellent effectiveness in prevention of wildlife-vehicle collisions, *Journal of Environmental Management*, 205 (2018), pp. 209-214, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.081>

M. Bíl, R. Andrášik, Z. Janoška. Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation, *Accident Analysis & Prevention*, 55 (2013), pp. 265-273, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.003>

M. Bíl, R. Andrášik, T. Svoboda, J. Sedoník. The KDE+ software: A tool for effective identification and ranking of animal-vehicle collision hotspots along networks, *Landscape Ecology*, 31 (2) (2016), pp. 231-237, <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0265-6>

M. Bíl, J. Kubeček, J. Sedoník, R. Andrášik. Srazenazver.cz: A system for evidence of animal-vehicle collisions along transportation networks, *Biological Conservation*, 213 (A) (2017), pp. 167-174, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.07.012>

K.A. Budzik, K.M. Budzik. A preliminary report of amphibian mortality patterns on railways, *Acta Herpetologica*, 9 (2014), pp. 103-107, https://doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-12914

F. Carvalho, S.M. Santos, Á. Mira, R. Lourenço. Methods to monitor and

mitigate wildlife mortality in railways, L. Borda-de-Água, P. Beja, H.M. Pereira (Eds.), *Railway ecology*, Springer, Cham (2017), pp. 23-42, https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_3

R.A.P. Dornas, F.Z. Teixeira, G. Gonsioroski, R.A.A. Nóbrega. Strain by the train: Patterns of toad fatalities on a Brazilian Amazonian railroad, *The Science of the Total Environment*, 660 (2019), pp. 493-500, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.371>

B. Dorsey, M. Olsson, L.J. Rew. Ecological effects of railways on wildlife
R. van der Ree, D.J. Smith, C. Grilo (Eds.), *Handbook of road ecology*, John Wiley & Sons, Chichester (2015), pp. 219-227, <https://doi.org/10.1002/9781118568170.ch26>

Favilli, F., Bíl, M., Sedoník, J. *et al.*,. Application of KDE+ software to identify collective risk hotspots of ungulate-vehicle collisions in South Tyrol, Northern Italy. *Eur J Wildl Res* 64, 59 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10344-018-1214-x>

E.A. van der Grift. Mammals and railroads: Impacts and management implications *Lutra*, 42 (1999), pp. 77-98

H. Gundersen, H.P. Andreassen. The risk of moose *Alces alces* collision: A predictive logistic model for moose-train accidents, *Wildlife Biology*, 4 (2) (1998), pp. 103-110, <https://doi.org/10.2981/wlb.1998.007>

H. Gundersen, H.P. Andreassen, T. Storaas. Spatial and temporal correlates to Norwegian moose-train collisions, *Alces*, 34 (1998), pp. 385-394

H. Haikonen, H. Summala. Deer-vehicle crashes: Extensive peak at 1 hour after sunset, *American Journal of Preventive Medicine*, 21 (3) (2001), pp. 209-2013, [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(01\)00352-X](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(01)00352-X)

F. Heigl, K. Horvath, G. Laaha, J.G. Zaller. Amphibian and reptile road-kills on tertiary roads in relation to landscape structure: Using a citizen science approach with open-access land cover data, *BMC Ecology*, 17 (2017), p. 24, <https://doi.org/10.1186/s12898-017-0134-z>

Transport, energy and CO₂: Moving towards sustainability, IEA Publications, Paris (2009)

Railway handbook 2017: Energy consumption and CO₂ emissions, IEA Publications, Paris (2017)

B. Iuell, G.J. Bekker, R. Cuperus, J. Dufek, G. Fry, C. Nicka, V. Hlaváč, V. Keller, C. Rosell, L. Sangwine, N. Torslov, B. Wandall (Eds.), *Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions*, KNNV Publishers, Utrecht (2003)

V. Jaren, R. Andersen, M. Ulleberg, P. Pedersen, B. Wiseth. Moose-train collisions: The effects of vegetation removal with a cost-benefit analysis, *Alces*, 27 (1991), pp. 93-99

K.D. Jasińska, M. Żmihorski, D. Krauze-Gryz, D. Kotowska, J. Werka, D. Piotrowska, T. Pärt. Linking habitat composition, local population densities and traffic characteristics to spatial patterns of ungulate-train collisions, *Journal of Applied Ecology*, 56 (12) (2019), pp. 2630-2640, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13495>

R.R. Jensen, R.A. Gonser, C. Joyner. Landscape factors that contribute to animal-vehicle collisions in two northern Utah canyons, *Applied Geography*, 50 (2014), pp. 74-79, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.02.007>

M. Kaczmarski, J.M. Kaczmarek. Heavy traffic, low mortality - tram tracks as terrestrial habitat of newts, *Acta Herpetologica*, 11 (2) (2016), pp. 227-231, https://doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-17922

K. Kalarus, M. Bąkowski. Railway tracks can have great value for butterflies as a new alternative habitat, *Italian Journal of Zoology*, 82 (4) (2015), pp. 565-572, <https://doi.org/10.1080/11250003.2015.1078417>

Z. Keken, J. Sedoník, T. Kušta, R. Andrášik, M. Bíl. Roadside vegetation influences clustering of ungulate vehicle collisions, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 73 (2019), pp. 381-390, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.07.013>

D. Krauze-Gryz, M. Zmihorski, K. Jasińska, Ł. Kwaśny, J. Werka. Temporal pattern of wildlife-train collisions in Poland, *Journal of Wildlife Management*, 81 (2017), pp. 1513-1519, <https://doi.org/10.1002/jwmg.21311>

T. Kušta, Z. Keken, M. Ježek, Z. Kůta. Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife-vehicle collisions: A case study in central bohemia, Czech republic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38 (2015), pp. 1-5, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.04.017>

M.F. McCollister, F.T. van Manen. Effectiveness of wildlife underpasses and fencing to reduce wildlife-vehicle collisions, *Journal of Wildlife Management*, 74 (8) (2010), pp. 1722-1731, <https://doi.org/10.2193/2009-535>

F. Morelli, M. Beim, L. Jerzak, D. Jones, P. Tryjanowski. Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? – a review, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 30 (2014), pp. 21-31, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.006>

D. Moroń, P. Skórka, M. Lenda, E. Rożej-Pabijan, M. Wantuch, J. Kajzer-Bonk, W. Celary, Ł.E. Mielczarek, P. Tryjanowski. Railway embankments as new habitat for pollinators in an agricultural landscape, *PloS One*, 9 (2014), Article e101297, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101297>

M.H. Murray, S. Fassina, J.B. Hopkins III, J. Whittington, C.C. St. Clair. Seasonal and individual variation in the use of rail-associated food attractants by grizzly bears (*Ursus arctos*) in a national park, *PloS One*, 12 (2017), Article e0175658, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175658>

J.N. Popp, J. Hamr, C. Chan, F.F. Mallory. Elk (*Cervus elaphus*) railway mortality in Ontario, *Canadian Journal of Zoology*, 96 (9) (2018), pp. 1066-1070, <https://doi.org/10.1139/cjz-2017-0255>

H. Reck, H. Schmäuser. Railway mortality, more than a minor matter? *Faun.-Ökol. Mitt.*, 10 (2019), pp. 23-27

J.P. Rodrigue, C. Comtois, B. Slack (Eds.), *The geography of transport systems*, Routledge, London (2017)

Santos S.M., Carvalho F., Mira A. Current Knowledge on Wildlife Mortality in Railways. In: Borda-de-Água L., Barrientos R., Beja P., Pereira H. (eds) *Railway Ecology*. Springer, Cham. (2017) https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_2

C.C. Schwartz, B. Bartley. Moose conference workshop, anchorage, may 17 reducing incidental moose mortality: Considerations for management, *Alces*, 27 (1991), pp. 227-231

D. Seidel, N. Hähn, P. Annighöfer, A. Benten, T. Vor, C. Ammer. Assessment of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) – vehicle accident hotspots with respect to the



location of 'trees outside forest' along roadsides, *Applied Geography*, 93 (2018), pp. 76-80, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.02.015>

Seiler A., Olsson M. Wildlife Deterrent Methods for Railways—An Experimental Study. In: Borda-de-Água L., Barrientos R., Beja P., Pereira H. (eds) *Railway Ecology*. Springer, Cham. (2017) https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_17

A. Seiler, M. Olsson, J.O. Helldin, H. Norin. Klöviltolyckor på järnväg -kunskapsläge, problemanalys och åtgärdsförslag (Ungulate-train collisions in Sweden) Trafikverket Publikation, Borlänge (2011)

A. Seiler, P. Söderström, M. Olsson, A. Sjölund. Costs and effects of deer-train collisions, A poster presented at IENE international conference, malmö (2014) 16–19 September 2014

N.O. Simpson, K.M. Stewart, C. Schroeder, M. Cox, K. Huebner, T. Wasley. Overpasses and underpasses: Effectiveness of crossing structures for migratory ungulates, *Journal of Wildlife Management*, 80 (8) (2016), pp. 1370-1378, <https://doi.org/10.1002/jwmg.21132>

C. Visintin, N. Golding, R. van der Ree, M.A. McCarthy. Managing the timing and speed of vehicles reduces wildlife-transport collision risk, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59 (2018), pp. 86-95, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.003>