



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

## **Indikátory zranitelnosti dopravy změnou klimatu**

Mertl, Jan  
2020

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-432323>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 12.05.2021

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .

# Indikátory zranitelnosti dopravy změnou klimatu

**Mgr. Jan Mertl**

*CENIA, česká informační agentura životního prostředí*

*Vršovická 65, 100 10 Praha 10*

e-mail: jan.mertl@cenia.cz

## Abstrakt

Změna klimatu je komplexní fenomén, který zasahuje téměř všechny prvky socioekonomického systému a životního prostředí. Reálný dopad změny klimatu přitom záleží nejen na místně specifické intenzitě projevu změny klimatu, ale také na tom, zda jsou v zasaženém systému přítomny prvky, které jsou tímto projevem negativně ovlivněny. Důležitá je též schopnost systému na klimatickou disturbanci reagovat, absorbovat ji a snížit její následky. Soubor těchto faktorů tvoří tzv. zranitelnost systému.

Zranitelnost je definována jako predispozice (náchylnost) být nepříznivě ovlivněn [1]. Je funkcí expozice danému projevu změny klimatu, citlivosti dotčeného prvku systému (receptoru expozice) a jeho schopnosti se adaptovat. Zásadním aspektem zranitelnosti je resilience, která označuje schopnost systému odolávat klimatickým vlivům a v případě jeho narušení se rychle vrátit do původního stavu a snížit tak negativní dopady.

Pro hodnocení zranitelnosti byla vytvořena indikátorová sada zranitelnosti, jejímž hlavním účelem je hodnotit implementaci Národního akčního plánu adaptace změny klimatu. Navrhovaná sada obsahovala při posledním vyhodnocení k roku 2017 celkem 98 indikátorů, z toho 7 indikátorů hodnotí oblast dopravy. Z vyhodnocení indikátorů vyplynula celkově nízká zranitelnost dopravy v ČR vůči změně klimatu. Vyšší zranitelnost dopravy byla zjištěna pouze pro projev povodně, neboť nezanedbatelný podíl délky silničních komunikací, včetně komunikací vyšších tříd, leží v záplavovém území vyšších n-letostí povodně.

## 1. Metodika

Zranitelnost vůči projevům změny klimatu je metodický koncept, který nevypovídá ani tak o klimatu samotném, jako o vlastnostech systému, který je změně klimatu vystaven. Zranitelnost zahrnuje řetězec vztahů mezi projevem změny klimatu a jejím dopadem na zasažený sektor, ovlivněný jeho odolností (resistencí) nebo pružností (resiliencí).

Jsou rozlišovány tři základní komponenty zranitelnosti – expozice, citlivost a adaptační kapacita [1]. Expozicí se rozumí intenzita, délka, a/nebo rozsah vystavení sledovaného systému projevu změny klimatu (např. extrémní srážky, povodeň, extrémní teploty). Citlivost udává míru ovlivnění systému projevem změny klimatu. Hodnotí se na základě receptorů expozice, tedy takových prvků systému, které jsou projevu změny klimatu exponované. Adaptační kapacita je schopnost systému reagovat na změnu klimatu tak, aby snížil její negativní dopady. Adaptační kapacita představuje potenciál daného systému k adaptaci a vypovídá tak o možnostech snižování zranitelnosti systému.

Indikátorová sada zranitelnosti je strukturována dle prvků zranitelnosti (expozice, citlivost, adaptační kapacita), dle projevů změny klimatu (sucho, povodně, extrémní srážky) a dle dopadových systémů, zahrnujících hospodářské sektory a dílčí komponenty životního prostředí. Měření zranitelnosti je podkladem pro efektivní zacílení adaptačních opatření a celosystémové vyhodnocení jejich efektivity.

## 2. Indikátory zranitelnosti dopravy a jejich vyhodnocení

Za sektor dopravy sada zranitelnosti obsahuje 4 indikátory citlivosti a 3 indikátory adaptační kapacity. Kromě těchto indikátorů se pro vyhodnocení zranitelnosti dopravy využívají expoziční indikátory, hodnotící expozici projevům změny klimatu napříč hospodářskými sektory a dále indikátory finanční, poskytující přehled o financování opatření na adaptaci vůči změně klimatu.

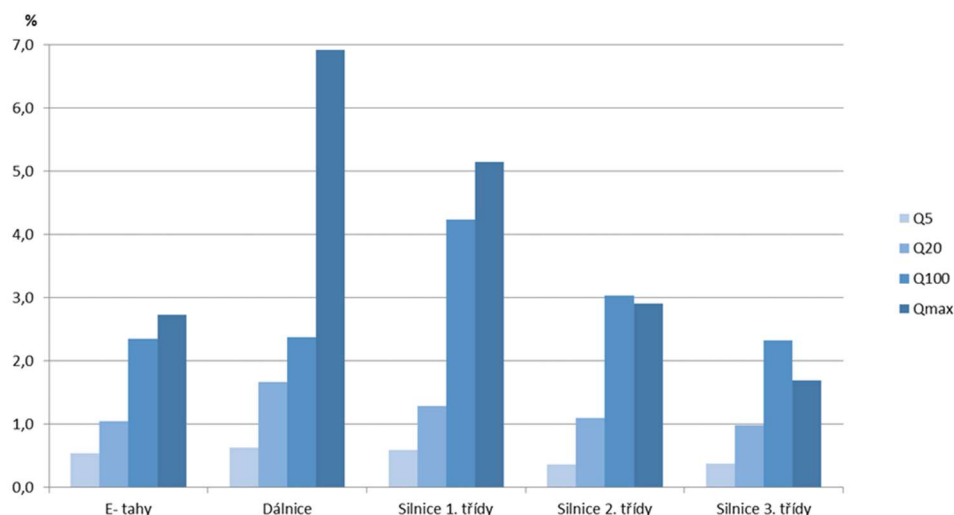
### 1.2. Indikátory citlivosti dopravy

#### Silniční a železniční komunikace ležící v záplavovém území

Délka silničních komunikací jednotlivých kategorií v ČR, ležících v záplavovém území, výrazně vzrůstá s rostoucí n-letostí povodně (Graf 1). Zatímco v dosahu 5-leté povodně ( $Q_5$ ) se nachází dle dat systému DIBAVOD k roku 2017 přibližně 0,5 % celkové délky silnic a dálnic, 100-letá povodeň ( $Q_{100}$ ) by mohla způsobit zaplavení 2,4 % dálnic (29,4 km), 4,2 % silnic 1. třídy (246,7 km) a 2,3 % (90,4 km) mezinárodních evropských tahů, které jsou vedeny po silnicích těchto kategorií. V případě silnic nižších tříd se jedná o 448 km silnic 2. třídy a 793 km silnic 3. třídy. Zda by došlo k reálné záplavě uvedených silničních komunikací je dáno elevací komunikace vůči okolnímu terénu (např. vedení silnic po mostech nebo náspech), existenci protipovodňových opatření a dalších prvků v krajině, které rozlivy ovlivňují. Tyto aspekty není možné na základě dostupných dat při analýze v prostředí GIS postihnout, lze však předpokládat, že většinu dálnic a silnic 1. tříd povodeň nezasáhne, zatímco silnice nižších tříd budou zaplaveny z větší části.

S ohledem na vysoký podíl komunikací ležících v záplavovém území, včetně komunikací vyšších tříd, je citlivost dopravy k povodním vyhodnocena jako nejvyšší ze všech projevů změny klimatu.

Graf 1. Podíl délky silničních komunikací jednotlivých kategorií ležících v záplavovém území pro úroveň n-letosti povodně  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$  a nejvyšší zaznamenané povodně ( $Q_{max}$ ) na celkové délce silničních komunikací v ČR [%], 2017



Zdroj: CENIA[1]

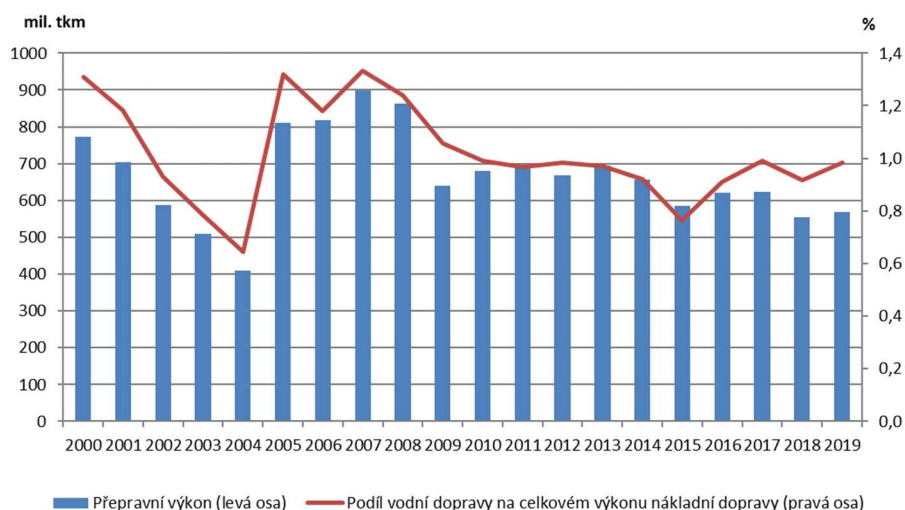
### Podíl přepravních výkonů vodní nákladní dopravy na celkové nákladní dopravě

Vnitrozemská vodní doprava v ČR dlouhodobě nepatří, i přes relativně malé dopady na životní prostředí, mezi významné druhy dopravy v nákladní i osobní dopravě. Příčiny jsou zejména geografické, říční doprava je limitována malou souvislou délkou splavných úseků. Parametry pro tzv. velkou plavbu splňuje pouze Labsko-vltavská vodní cesta o celkové provozní délce 315 km.

V období 2000–2019 kolísal výkon vnitrozemské vodní nákladní dopravy v ČR bez výraznějšího trendu (Graf 2), na výkyvech se projevovала splavnost vodních toků ovlivněná vodními stavy. Vlivem povodní v roce 2002 a nedostatku vody v letech 2003 a 2004 přepravní výkon poklesl v období 2000–2004 o 47,1 %, v roce 2005 však díky příznivým plavebním podmínkám a exportu přebytků zemědělské produkce z roku 2004 výrazně stoupl v meziročním srovnání o 98,1 %. Od roku 2007 výkon vodní nákladní dopravy v ČR zvolna klesal, tento pokles byl po roce 2015 podpořen výskytem sucha a zhoršenou splavností vodních cest.

S ohledem na marginální pozici k suchu citlivé vnitrozemské vodní dopravy v dopravním systému ČR byla citlivost dopravy k suchu vyhodnocena jako nevýznamná.

Graf 2. Přepravní výkon vodní vnitrozemské nákladní dopravy v ČR a podíl vodní dopravy na celkovém přepravním výkonu nákladní dopravy [mil. tkm, %] 2000–2019

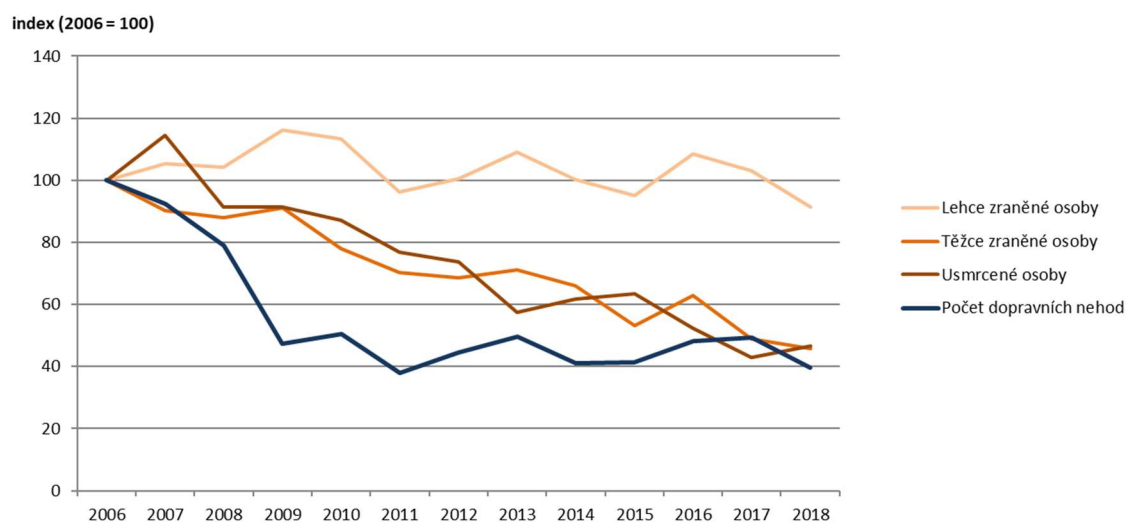


Zdroj: CENIA[1], MD

### Nehody v silniční dopravě, ke kterým došlo spolupůsobením projevů změny klimatu

Během hodnoceného období 2006–2018 nedocházelo k růstu počtu dopravních nehod a jejich následků, na jejichž vzniku se podílely sledované povětrnostní vlivy (Graf 3). I když povětrnostní podmínky představují významný faktor ovlivňující dopravní nehodovost, nebyl ve sledovaném období zjištěn nárůst jejich působení, navíc řadu evidovaných vlivů nelze dávat do souvislosti se změnou klimatu. Rostoucí vliv projevů změny klimatu na dopravní nehodovost tak nebyl prokázán. Naopak ze statistiky vyplývá, že zhruba 85 % dopravních nehod vzniká při neztížených povětrnostních podmínkách. Citlivost dopravy na změnu klimatu je tak z pohledu dopravní nehodovosti nízká.

Graf 3. Vývoj počtu dopravních nehod vzniklých při spolupůsobení zhoršených povětrnostních podmínek a následků těchto nehod na zdraví a na životech v ČR [index, 2006 = 100], 2006–2018



Zdroj: CENIA[1], Policie ČR

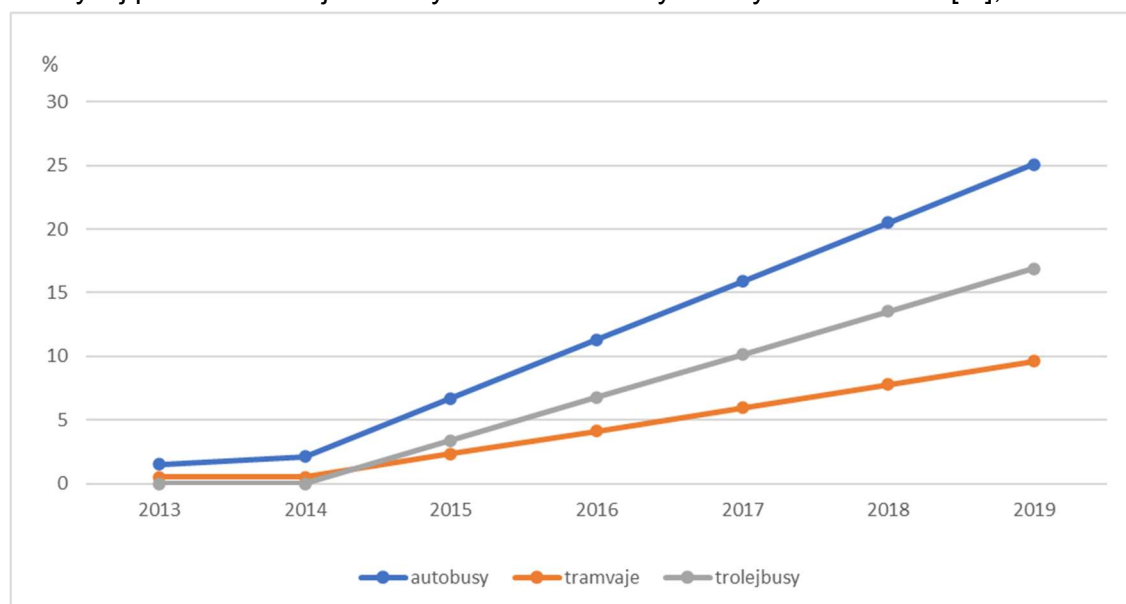
## 1.2. Indikátory adaptační kapacity dopravy

### Vybavenost veřejné hromadné dopravy klimatizací

Vybavenost vozidel MHD klimatizací v období 2013-2019 společně s obnovou vozového parku stoupala (Graf 4). Klimatizací bylo v roce 2019 vybaveno v rámci členských organizací SDP celkově 25,1 % autobusů, 9,6 % tramvají a 16,9 % trolejbusů z celkového počtu vozidel. V případě vozidel mimo MHD nejsou kvůli konkurenčnímu prostředí k dispozici souhrnná data, většina poskytovatelů dálkové autobusové dopravy udává 100% vybavenost klimatizací. V železniční dopravě též rychle stoupá podíl klimatizovaných vozů, ve vlacích vyšší kvality (např. Railjet, Eurocity, Pendolino), včetně soukromých dopravců, je již většina vozů klimatizována.

Vybavenost prostředků veřejné dopravy klimatizací je indikátorem adaptační kapacity a zranitelnosti veřejné dopravy vůči projevům změny klimatu, mezi které patří růst teplot vzduchu a častější výskyt vln veder. Vybavenost vozidel klimatizací ovlivňuje komfort cestujících a snižuje zdravotní rizika plynoucí z vysokých teplot jak u cestujících, tak i zaměstnanců ve veřejné dopravě. Kromě toho přispívá klimatizace ke konkurenceschopnosti hromadné dopravy vůči dopravě individuální v průběhu vln veder, což snižuje znečišťování ovzduší individuální automobilovou dopravou s dopady na zhoršenou kvalitu ovzduší. Vývoj indikátoru naznačuje zvyšování adaptační kapacity veřejné dopravy vůči extrémně vysokým teplotám.

Graf 4. Vývoj podílu vozidel jednotlivých druhů MHD vybavených klimatizací [%], 2013–2019



Zdroj: CENIA[1], SDP

### Vybavenost silniční a železniční sítě monitoringem stavu dopravní infrastruktury a systémem varování

Na dálnicích a silnicích 1. třídy bylo k 31. 12. 2019 rozmístěno celkem 522 meteostanic a 493 kamer, od roku 2017 počet meteostanic narostl o 12,0 % a kamer o 28,7 %. V průměru tak každých 14 km těchto komunikací je vybaveno kamerou a každých 13 km meteostanicí. Zranitelnost dopravního systému s růstem vybavenosti komunikací prvky monitoringu a varování před překážkami klesá.

Nejvíce jsou touto infrastrukturou vybaveny nově zprovozněné a rekonstruované dálnice, například jižní část vnějšího okruhu Prahy a dálnice D1 v okolí Ostravy, kde jsou kamery umístěny téměř na každém kilometru komunikace, v tunelech je jejich hustota ještě větší. Meteorologické stanice měří a zaznamenávají teplotu vzduchu, teplotu povrchu vozovky, tlak vzduchu, úhrn srážek za posledních 5 minut, vlhkost vzduchu a rychlost a směr větru. Kamery slouží primárně pro monitorování plynulosti provozu a informují o dopravních nehodách a dopravních kongescích, mohou však sloužit i pro vizuální monitoring charakteru povrchu vozovky a zjišťování horizontální dohlednosti.

### 3. Závěr

Na základě vyhodnocení sady indikátorů zranitelnosti je možné zařadit dopravu mezi méně zranitelné sektory vůči projevům změny klimatu. Je to dáno strukturou přepravního výkonu osobní a nákladní dopravy, hustou sítí dopravních komunikací a tím i možností přesunu dopravy mezi jednotlivými módy i příznivými přírodními podmínkami.

Z jednotlivých projevů změny klimatu vychází nejvyšší zranitelnost dopravy vůči povodním, neboť nezanedbatelný podíl silničních komunikací, včetně komunikací vyšších tříd, leží v záplavovém území vyšších n-letostí povodně. Jako vyšší lze rovněž hodnotit citlivost dopravy vůči silnému větru, a to zejména dopravy železniční. Ledové a sněhové jevy, které způsobují vážné problémy v dopravě, nelze zařadit mezi projevy změny klimatu, neboť jejich výskyt v jejím důsledku naopak klesá. Při vyhodnocení zranitelnosti dopravy proto tato kategorie klimatických faktorů nebyla uvažována.

### Literatura

- [1] Kochová, T. a kol. Hodnocení zranitelnosti České republiky ve vztahu ke změně klimatu k roku 2017. Praha: CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2019, 49 str. + příloha Indikátory zranitelnosti
- [2] Kolektiv autorů. Evaluace Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu. Výstup projektu Nové metody pro hodnocení plnění strategických dokumentů MŽP, identifikační kód projektu č. TITOMZP702, Praha, CENIA, COŽP, 2019.
- [3] Analytická část k návrhu Adaptační strategie 2021+, Ministerstvo životního prostředí, 2020.

## Indicators of transport vulnerability to climate change

**Jan Mertl**

*CENIA, Czech Environmental Information Agency*

*Vršovická 65, 100 10 Praha 10, Czech Republic*

E-mail: [jan.mertl@cenia.cz](mailto:jan.mertl@cenia.cz)

### **Abstract**

Climate change is a complex factor which affects almost all elements of the socio-economic system and the environment. The real impact of climate change depends not only on the on-site specific intensity of the climate change phenomena, but also on whether the elements vulnerable to this phenomenon are included in the impact system under consideration. The ability of the system to respond resiliently to climate disturbance and reduce its consequences is also an important aspect for the degree of negative impacts. The set of these factors forms the so-called vulnerability of the system.

Climate change adaptation aims at reducing vulnerability thus minimizing the impacts of climate change on human society, economic sectors, and ecosystems. Vulnerability depends on the exposure to a given manifestation of climate change, the sensitivity of the affected system element (exposure receptor) and its ability to adapt. A key aspect of vulnerability is resilience, i.e. the ability of the system to reduce the disruption caused by effects of climate change and return quickly to its original state and thus reduce the negative impacts.

The indicator set of vulnerability indicators has been developed to monitor the implementation of the National Action Plan on Adaptation to Climate Change. The set contains 98 indicators out of which 7 indicators deals directly with transport. The indicator assessment published in 2018 shows low vulnerability of transport in the Czech Republic in comparison with other sectors. Higher vulnerability of transport was identified only in terms of flooding, due to the significant share of highways and main roads located in flooding areas.