

Riziko přerušení pozemní komunikace *modelování příčin a následků*

Michal BÍL, Jan KUBEČEK, Rostislav VODÁK,
Richard ANDRÁŠIK, Jiří SEDONÍK, Martina BÍLOVÁ



Hrozby, hazardy, pohromy,...

Dopady přírodních pohrom na silniční infrastrukturu



Silnice do Lukavce. Foto: IŽP MSK, červenec 1997



Sedlo Dušná, III/05735, Vsetínské vrchy. Foto: O. Krejčí, červenec 1997



Silnice II/290. Foto KSSLK, srpen 2010.



Silnice I/52. Foto: HADN CDV, 2012

**Přerušení dopravy
v důsledku
vážných
dopravních nehod**

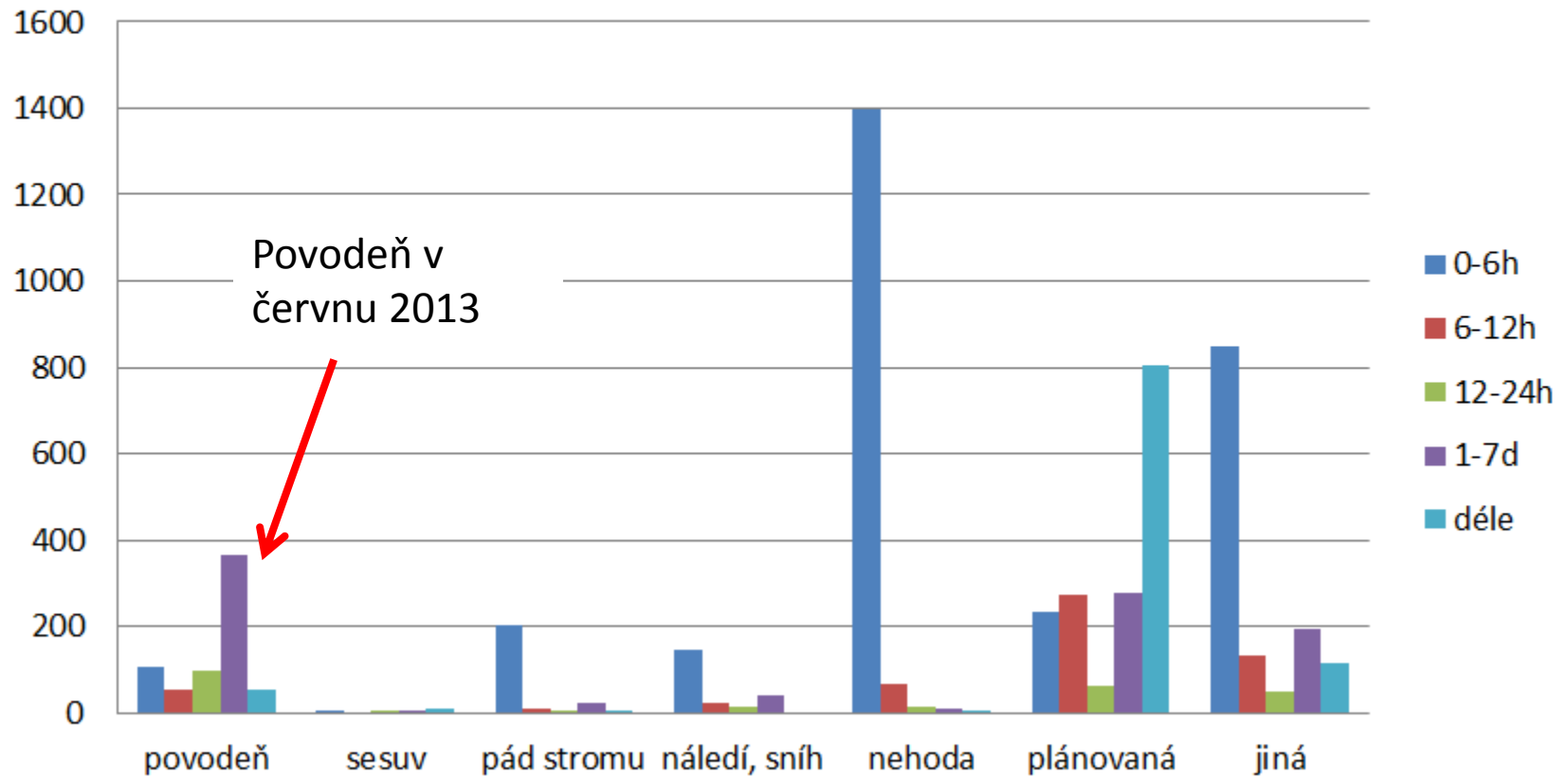


Silnice I/52. Foto: HADN CDV, 2013



Dálnice D2. Foto: HADN CDV, 2012

Příčina přerušení silnic v ČR dle délky přerušení,
prosinec 2012 - červenec 2013



Zdroj: data JSDI (Jednotný systém dopravních informací)

JSDI: Průměrný počet přerušených úseků, mimo uliční síť, za den je **41** (data za rok 2012)

Data

Přírodní pohromy

- Databáze svahových deformací (ČGS)
- Záplavová území (VÚV, TGM)
- Nový sníh (ČHMÚ)
- Směry bořivých větrů (ÚHUL)

Přerušení provozu

- JSDI
- DB poškozených úseků silnic 1997 - 2010

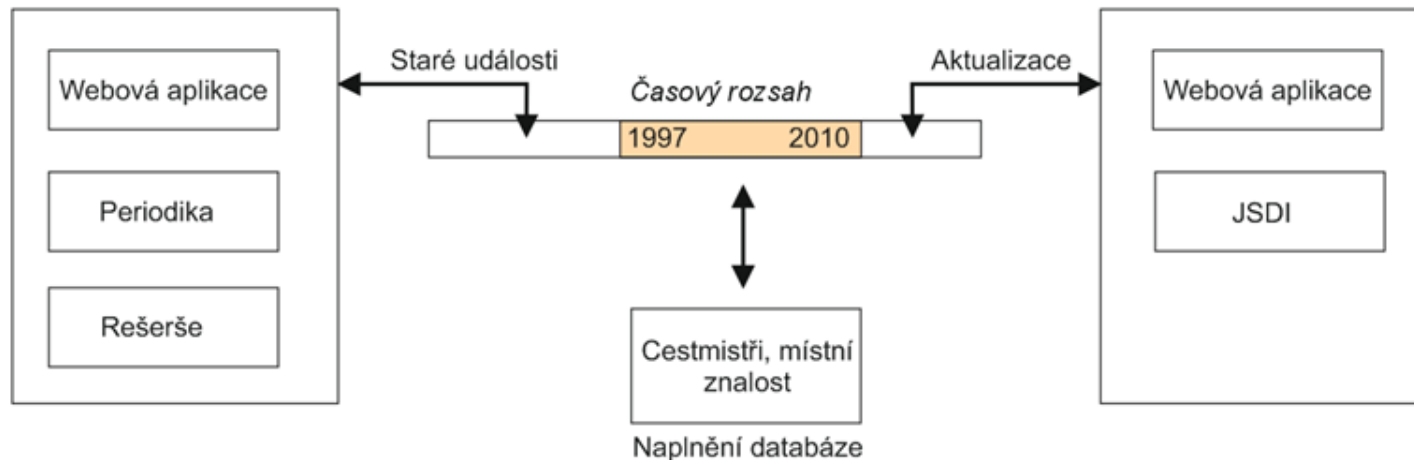
Podkladová data

- Silniční síť ČR (ŘSD)
- Síť železnic (SŽDC)
- Adresní body (ČSÚ)
- Digitální model terénu (ČUZK)

Databáze postižených úseků silnic v České republice vlivem přírodních pohrom

- GIS vrstva
- Původ dat
 - SÚS, (např. www.rszk.cz/), periodika, publikace, internet
- Rozsah: 1997 – 2010
- Aktualizace: JSDI; Staré události: webová aplikace

Databáze postižených úseků silnic



Stupně poškození silnic vlivem přírodních pohrom

1. Přerušení dopravy
vlivem uzavření úseku
2. Poškození úseku
3. Destrukce



Rok 2002: Karlín, okres Hodonín, zdroj: archiv SUS JMK

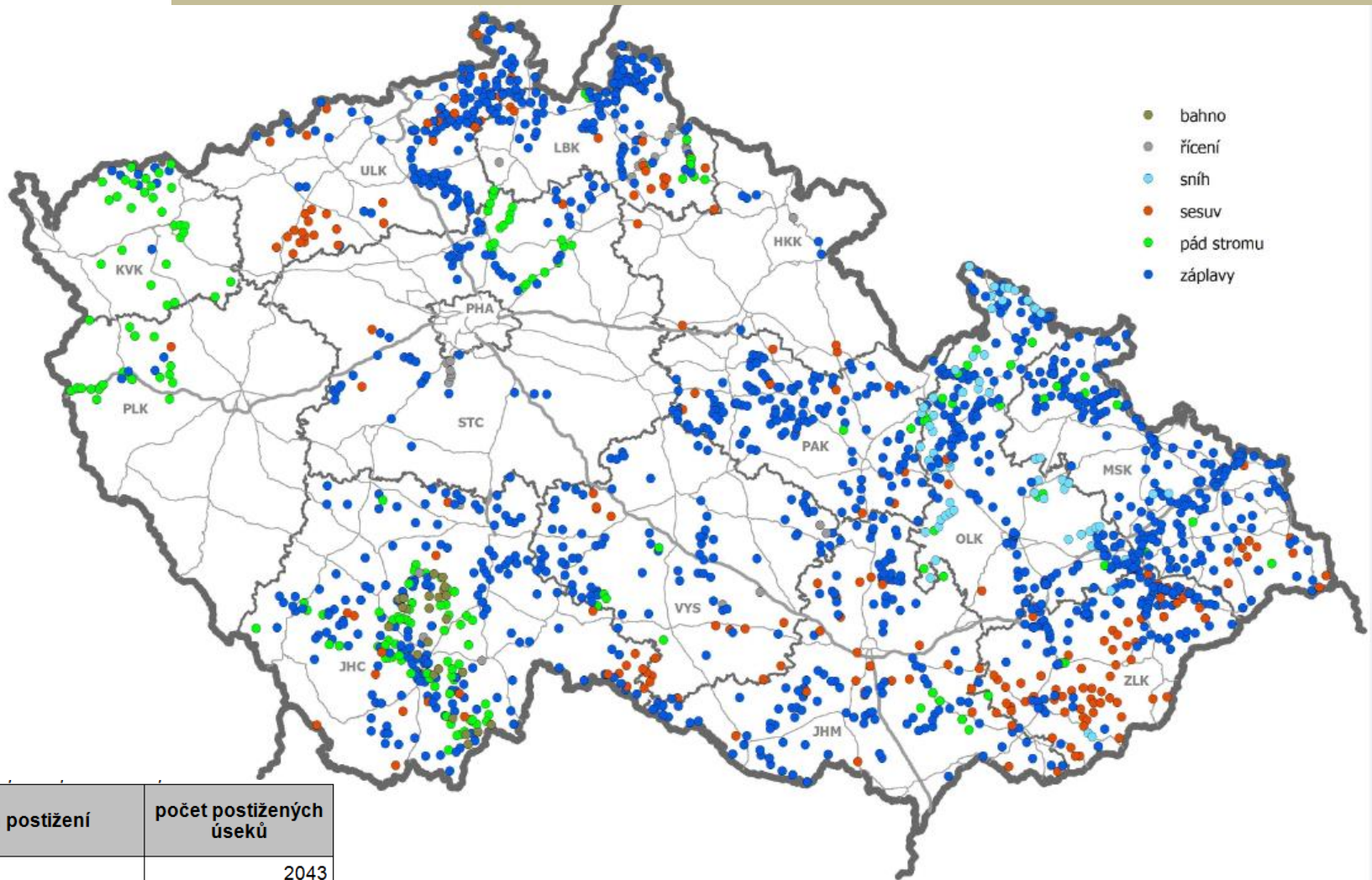


Bystřička, červenec 1997. Foto: Karel Kirchner



Silnice II. tř. Koryčany – Jastrabice, 2010. Foto: SUS ZLK

Poškození komunikací přírodními pohromami v ČR v letech 1997 - 2010



příčina postižení	počet postižených úseků
záplavy	2043
sesuv	276
pád stromu	273
sníh	76
skalní řícení	44
zavalení bahnem	34

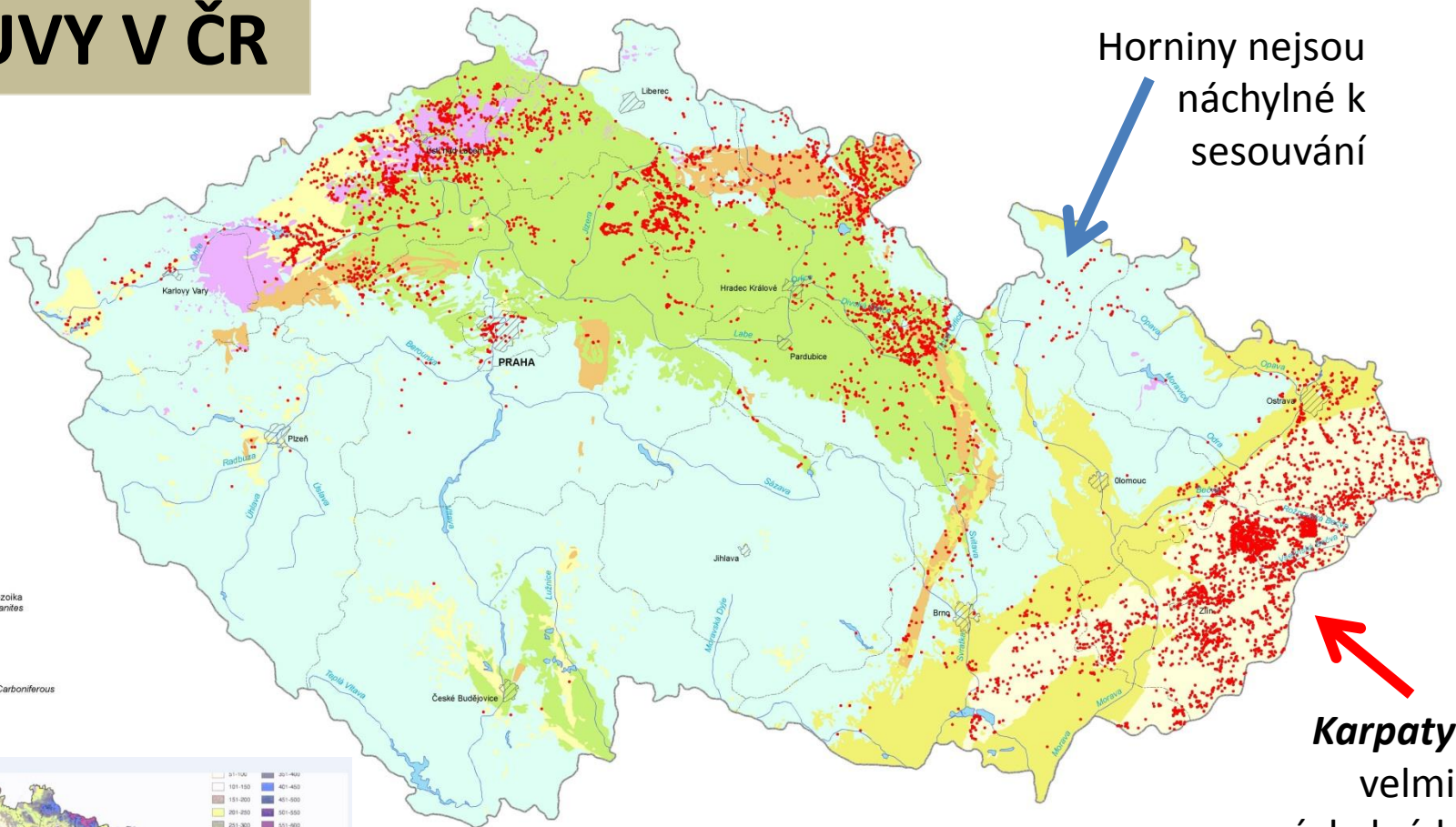


SESUVY V ČR

Legenda / Legend

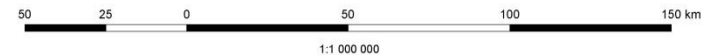
Český masiv
Bohemian Massif

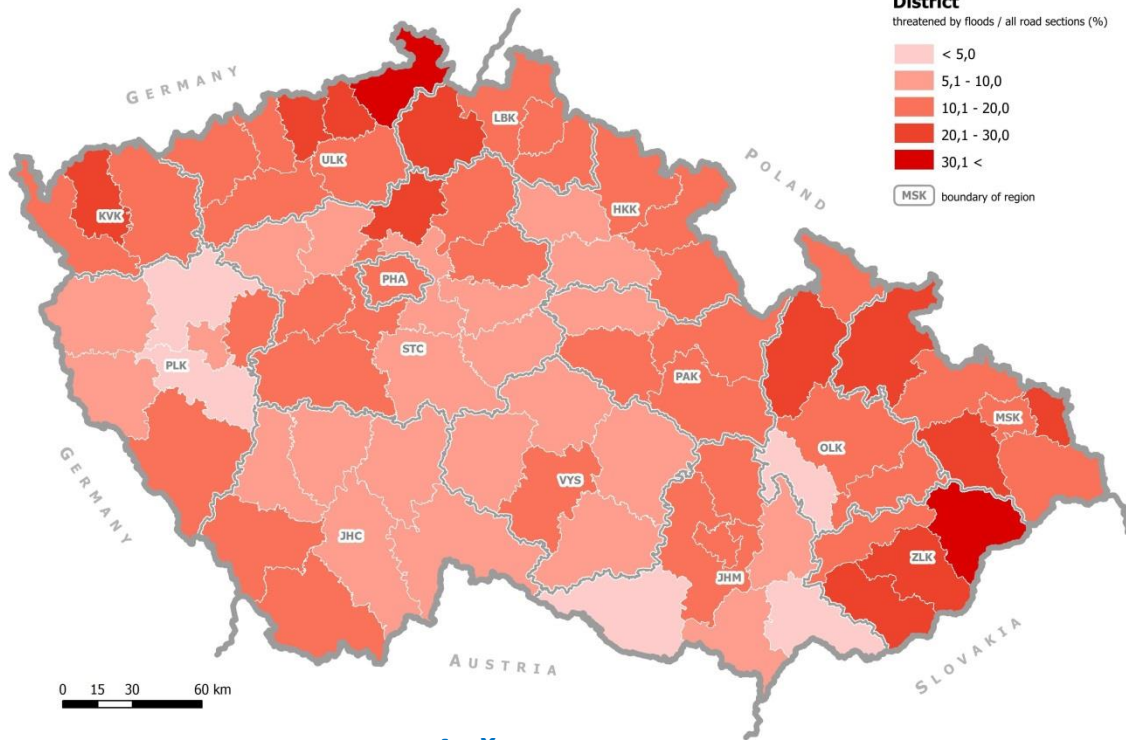
- Neogén
Neogene
- Vulkanity kenozoika
Cenozoic volcanites
- Křída
Cretaceous
- Permokarbon
Permian and Carboniferous
- Nerozlišený
Undivided



Horniny nejsou
náchylné k
sesouvání

Karpáty
velmi
náchylné k
sesouvání





povodně

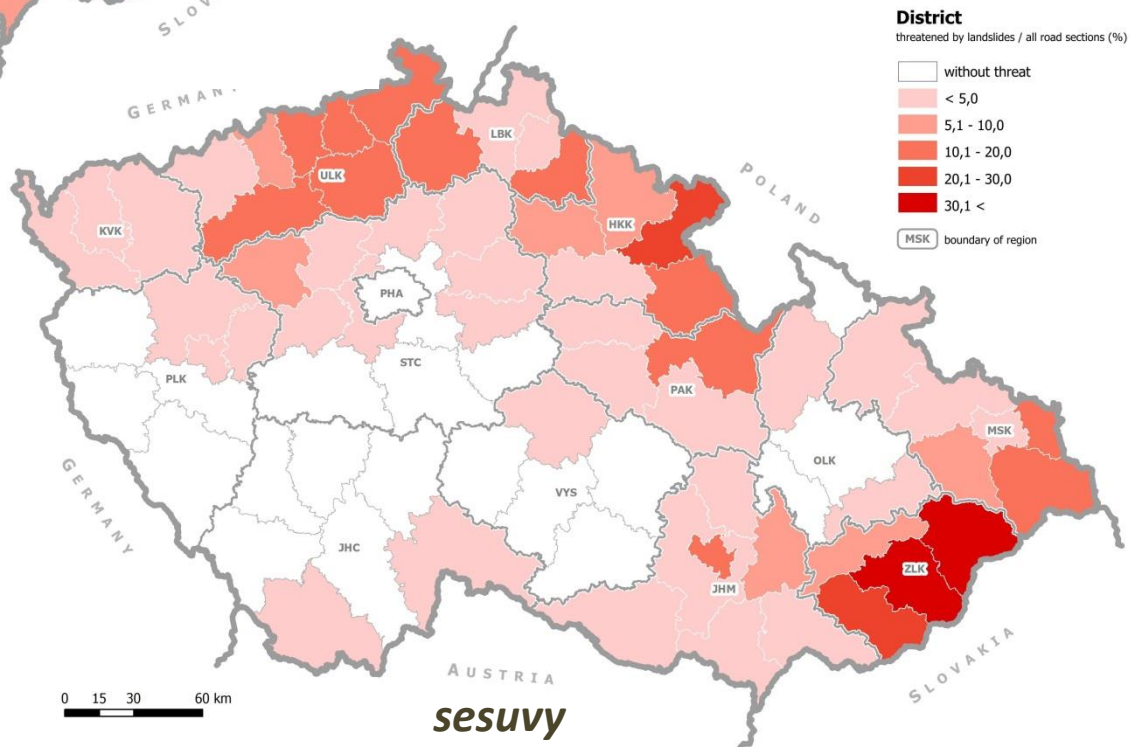


Most, obec Veselá. Foto: SUS ZLK.

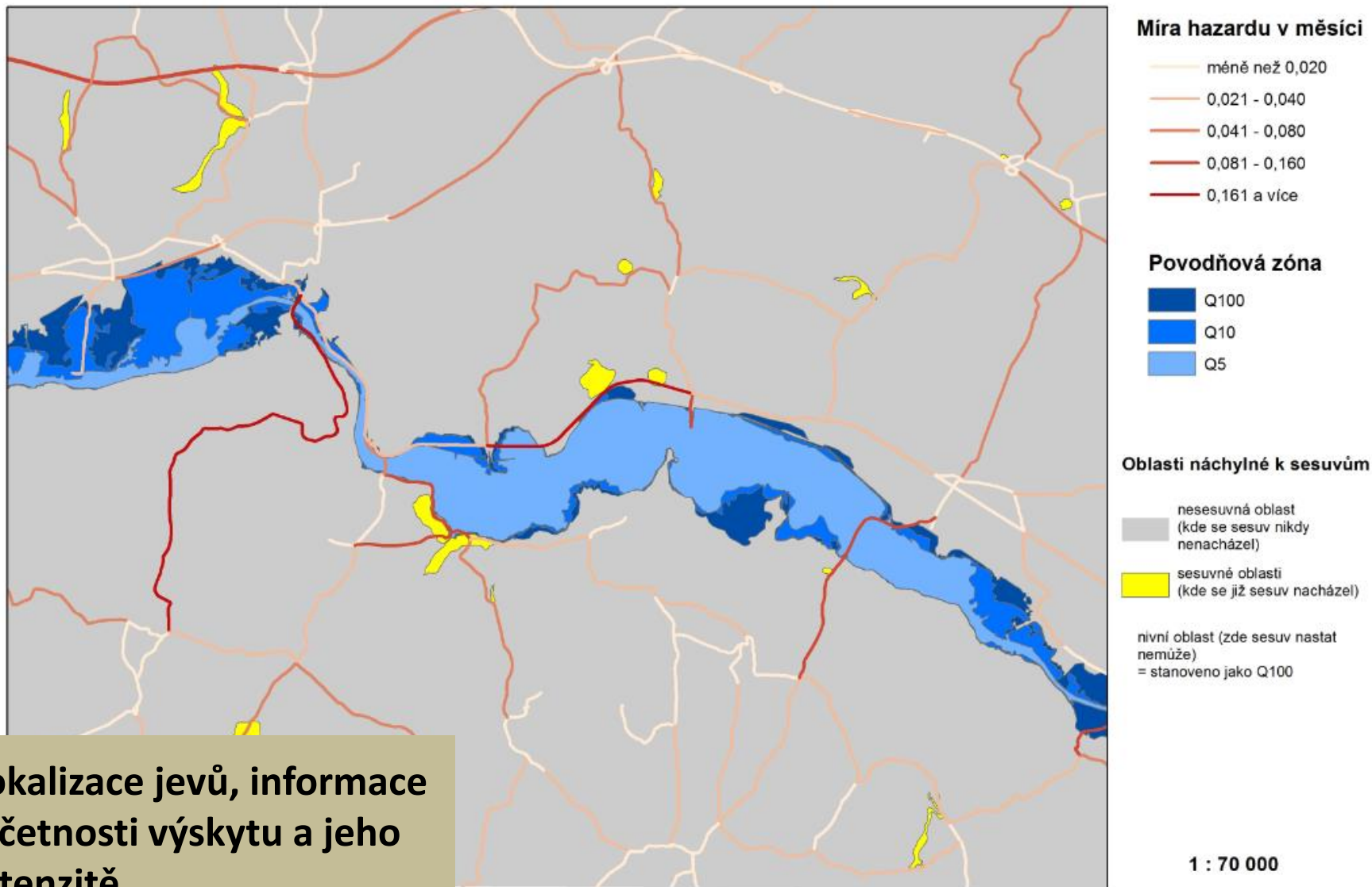
GIS analýzy dat rozsahu hazardu a silniční sítě



Potenciál ohrožení silniční sítě svahovými deformacemi a povodněmi



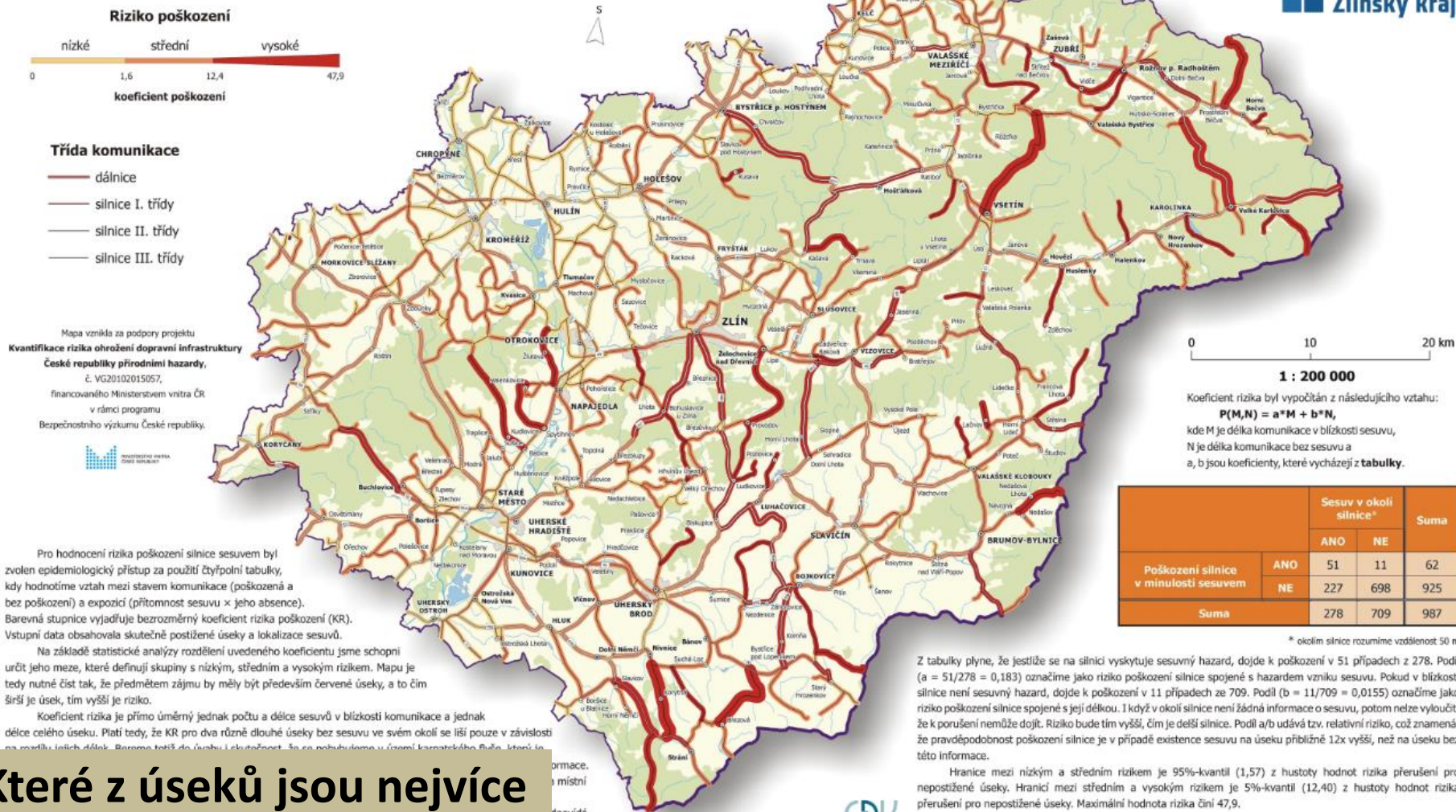
Modelování ohrožení přírodními pohromami



Lokalizace jevů, informace o četnosti výskytu a jeho intenzitě

Riziko poškození úseků silniční sítě sesuvy

na základě informací o skutečně postižených úsecích komunikací v minulosti ve Zlínském kraji



- Třída komunikace**
- dálnice
 - silnice I. třídy
 - silnice II. třídy
 - silnice III. třídy

Mapa vznikla za podpory projektu
Kvantifikace rizika ohrožení dopravní infrastruktury České republiky přírodními hazardy,
 č. VG20102015057,
 financovaného Ministerstvem vnitra ČR
 v rámci programu
 Bezpečnostního výzkumu České republiky.



Pro hodnocení rizika poškození silnice sesuvem byl zvolen epidemiologický přístup za použití čtyřpolní tabulky, kdy hodnotíme vztah mezi stavem komunikace (poškozená a bez poškození) a expozicí (přítomnost sesuvu x jeho absence). Barevná stupnice vyjadřuje bezrozměrný koeficient rizika poškození (KR). Vstupní data obsahovala skutečně postižené úseky a lokalizace sesuvů.

Na základě statistické analýzy rozdělení uvedeného koeficientu jsme schopni určit jeho meze, které definují skupiny s nízkým, středním a vysokým rizikem. Mapu je tedy nutné číst tak, že předmětem zájmu by měly být především červené úseky, a to čím širší je úsek, tím vyšší je riziko.

Koeficient rizika je přímo úměrný jednak počtu a délce sesuvů v blízkosti komunikace a jednak délce celého úseku. Platí tedy, že KR pro dva různé dlouhé úseky bez sesuvu ve svém okolí se liší pouze v závislosti na rozdílu jejich délek. Bezpečně totiž do úseku nekoukáme, že se nachýváme u (zemi) karpatického řádu, který je

0 10 20 km

1 : 200 000

Koeficient rizika byl vypočítán z následujícího vztahu:
 $P(M,N) = a^M + b^N$,
 kde M je délka komunikace v blízkosti sesuvu,
 N je délka komunikace bez sesuvu a
 a, b jsou koeficienty, které vycházejí z tabulky.

	Sesuv v okolí silnice ^a		Suma
	ANO	NE	
Poškození silnice v minulosti sesuvem	51	11	62
	227	698	925
Suma	278	709	987

^a okolím silnice rozumíme vzdálenost 50 m

Z tabulky plyne, že jestliže se na silnici vyskytuje sesuvný hazard, dojde k poškození v 51 případech z 278. Podíl ($a = 51/278 = 0,183$) označíme jako riziko poškození silnice spojené s hazardem vzniku sesuvu. Pokud v blízkosti silnice není sesuvný hazard, dojde k poškození v 11 případech ze 709. Podíl ($b = 11/709 = 0,0155$) označíme jako riziko poškození silnice spojené s její délkou. I když v okolí silnice není žádná informace o sesuvu, potom nelze vyloučit, že k porušení nemůže dojít. Riziko bude tím vyšší, čím je delší silnice. Podíl a/b udává tzv. relativní riziko, což znamená, že pravděpodobnost poškození silnice je v případě existence sesuvu na úseku přibližně 12x vyšší, než na úseku bez této informace.

Hranice mezi nízkým a středním rizikem je 95%-kvantil (1,57) z hustoty hodnot rizika přerušení pro nepostižené úseky. Hranice mezi středním a vysokým rizikem je 5%-kvantil (12,40) z hustoty hodnot rizika přerušení pro nepostižené úseky. Maximální hodnota rizika činí 47,9.

Které z úseků jsou nejvíce ohroženy přerušením vlivem sesuvu?



Zpracoval: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., v roce 2012
 Autoři: Michal Bě, Richard ANDRÁŠEK, Jan KUREČEK a Jiří SEKONČEK
 Použitý software: ArcView 3.1, ArcGIS 9.2, Sotlab 5.1 a Corel Draw 12

Zdroj dat: Data o silniční síti © ŘSD, Silniční databanka Ostrava
 Data o sesuvech © Česká geologická služba
 Data 2010 © ČÚZK

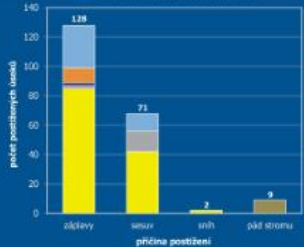
Příklad výstupů projektu pro KÚ ZLK

Identifikace nejslabších částí sítě při současném přerušení 1 - 2 úseků

KRITICKÉ A POŠKOZENÉ ÚSEKY

skutečně poškozené úseky v letech 1997 - 2010 a lokalizace kritických úseků

Celkový počet úseků postižených přírodními živly na území Zlínského kraje v letech 1997 - 2010 dle příčiny poškození

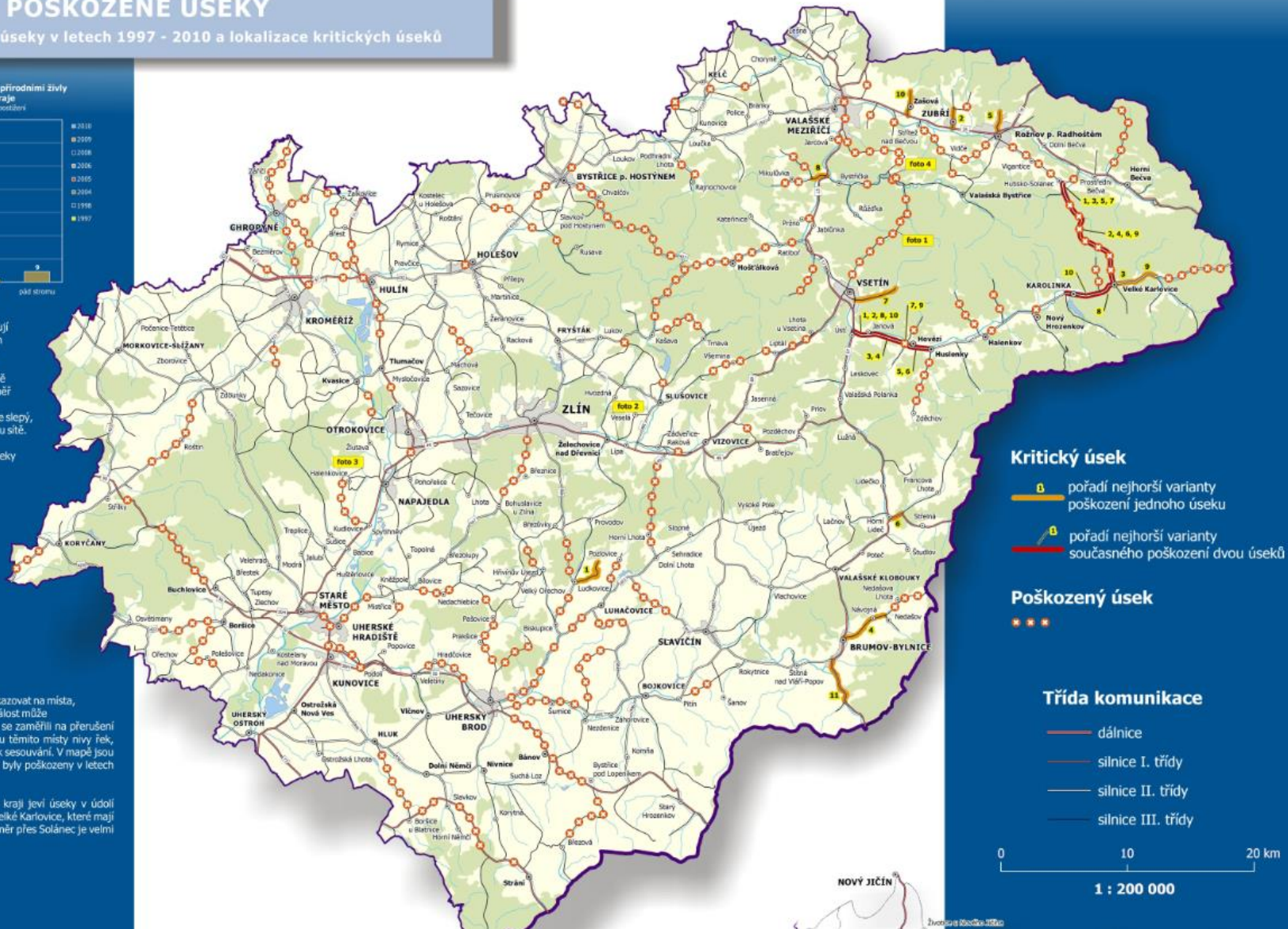


Poškozené úseky silniční sítě představují komplikaci nejenom z pohledu přímých nákladů na opravu postiženého místa, ale též z pohledu nákladů nepřímých. Ty jsou například vyjádřeny ve spotřebě paliva na objíždné trasy, které jsou téměř vždy výrazně delší, než původní úsek. Pokud dojde k přerušení úseku, který je slepý, může se odříznout část území od zbytku sítě.

Kritickými úseky jsou všechny slepé úseky a potom všechny kombinace dvojic, které současně přerušené, způsobí odříznutí části území. V mapě je znázorněno vždy 10 nejhorších variant pro slepé úseky (oranžová) a ostatní úseky (červená). Číslo u červeně zvýrazněných linií ukazuje na nejhorší kombinace, pokud by došlo k současnému přerušení obou významnějších úseků. Pořadí je v obou případech určeno počtem osob, které budou postiženy odříznutím. Odhad počtu osob je proveden na základě dat ČSÚ a přiřazením obytných budov k jednomu z obou konců úseku.

V minulosti přerušené úseky mohou ukazovat na místa, kde existuje vyšší šance, že se tato událost může opakovat. Vzhledem k tomu, že jsme se zaměřili na přerušení úseků vlivem přírodních pohrom, jsou těmito místy nivy řek, kde hrozí povodně, a území náchylná k sesuvání. V mapě jsou křížky označeny všechny úseky, které byly poškozeny v letech 1997 - 2010.

Jako nejvíce kritické se ve Zlínském kraji jeví úseky v údolí Vsetinské Bečvy, mezi obcemi Ústí a Velké Karlovice, které mají přístup pouze ze dvou směrů. Navíc směr přes Solánek je velmi náchylný k přerušení vlivem sesuvů.



Dopady, zranitelnost území



Východní portál tunelu v roce 2003 (foto S.Čech)



Přehrazený portál tunelu 3.4. 2006. (Foto P.R.)



Východní portál tunelu 1.4. 2006, 14. hod. (foto O. Krejčí)



Východní portál tunelu 3.4. 2006, 14. hod. (foto P. Rambousek)

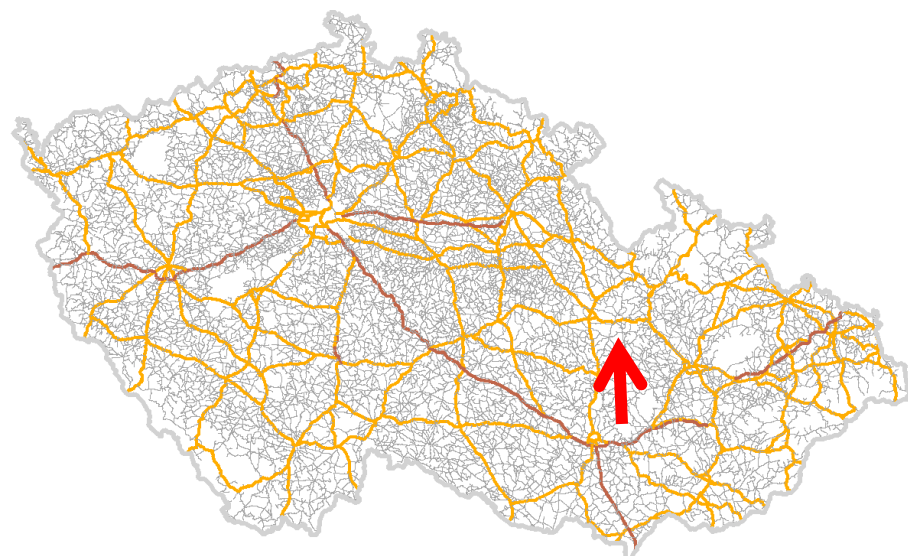
Litomyšl



Zdroj: www.mapy.cz

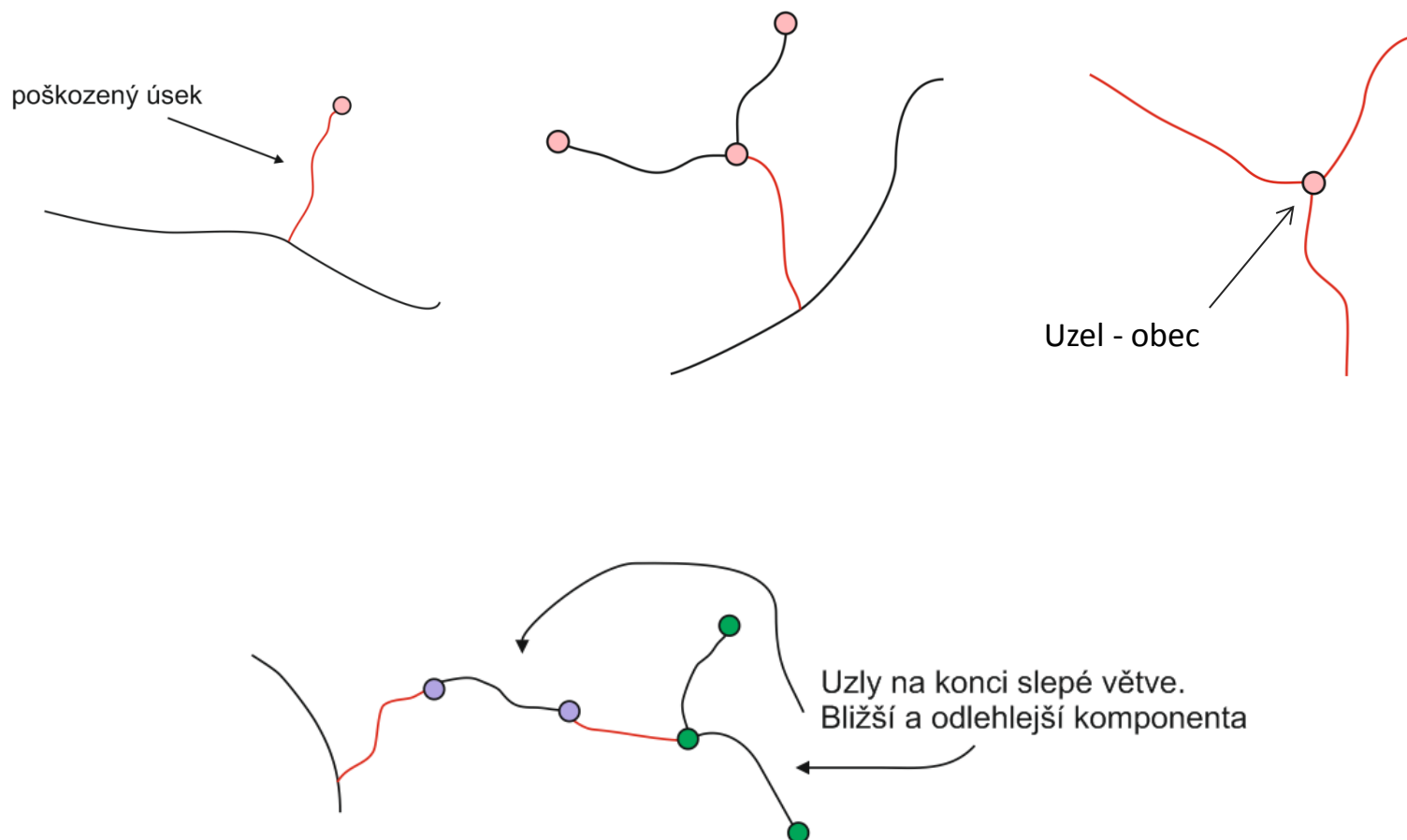
Robustnost silniční sítě

Duben 2006
Tunel Hřebeč
R 35 - severní
„alternativa“
D1



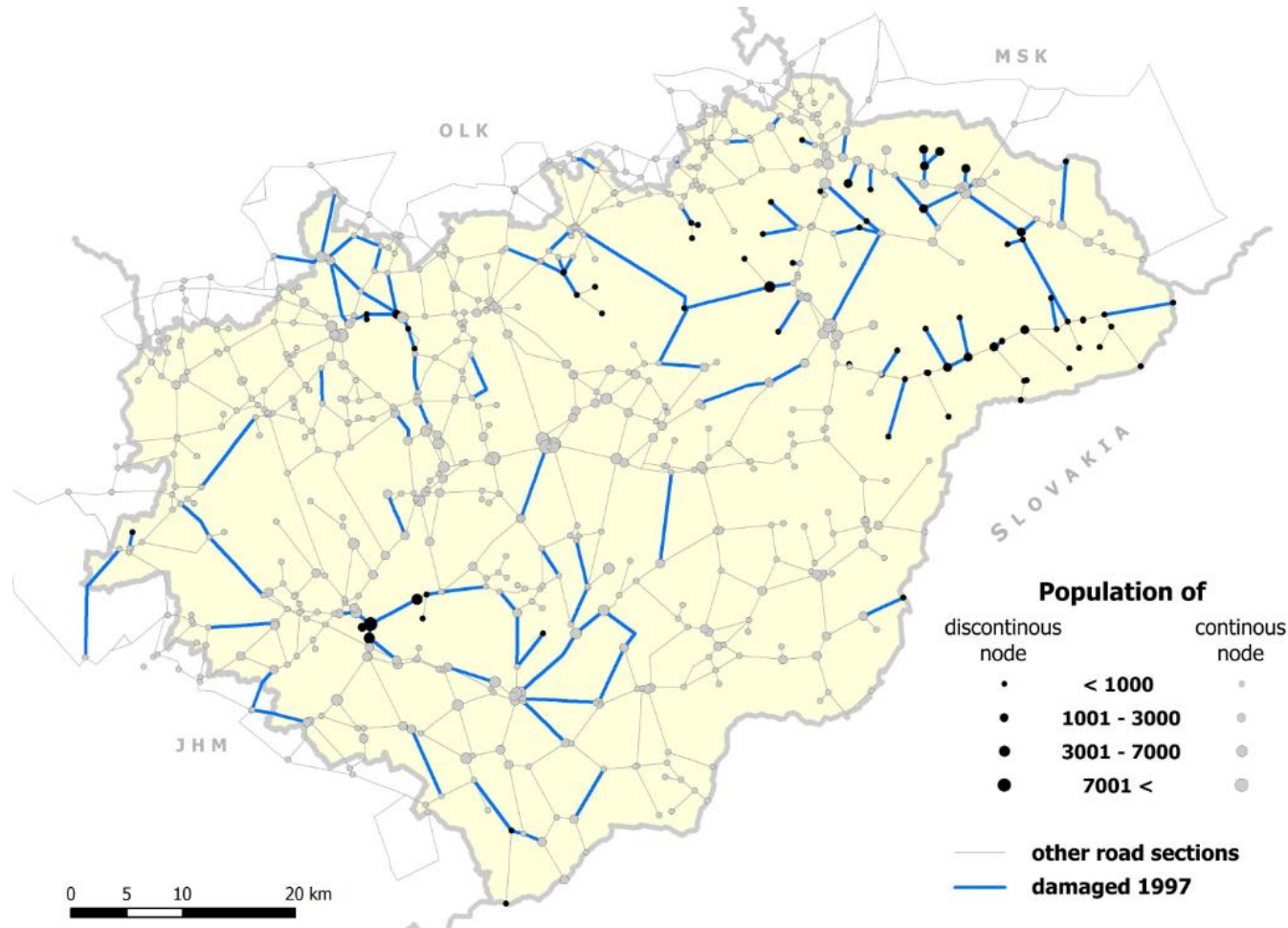
Zdroj: www.mapy.cz

Rozpad silniční sítě na izolované části - komponenty



Bezprostřední důsledek – odříznutí části území

Rozpad silniční sítě Zlínského kraje červenec 1997



Následky:

- **47** komponent
- 67 tis. obyvatel odříznuto od silniční sítě
- 122 poškozených nebo přerušených úseků

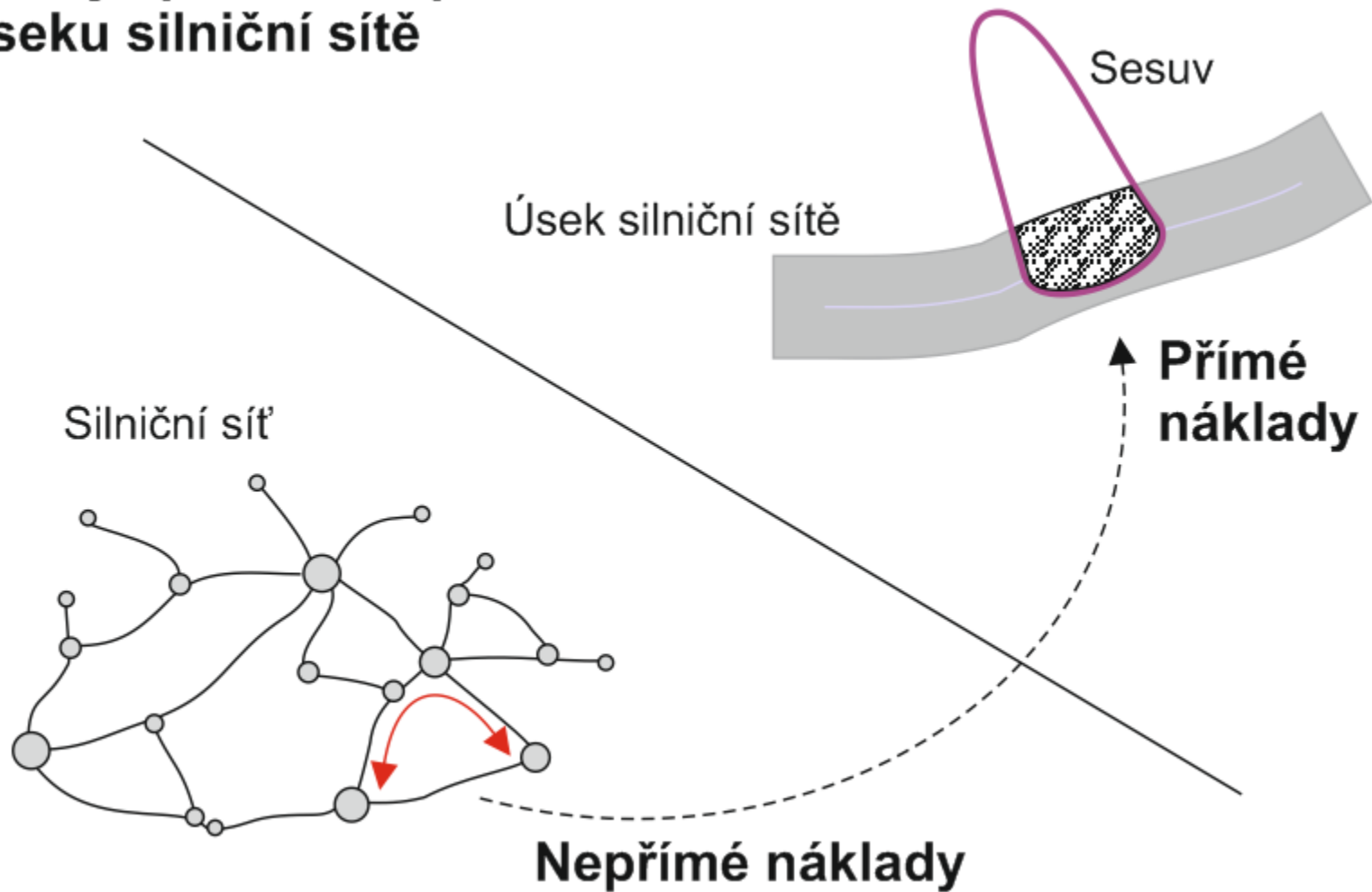


Bystřička, červenec 1997, foto: O. Krejčí

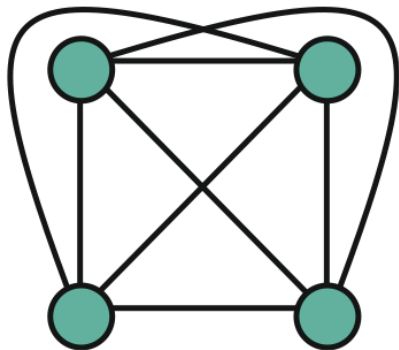
ZRANITELNOST

Dopady přerušení úseku silnic

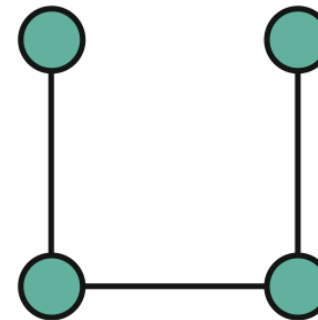
Škody způsobené přerušením úseku silniční sítě



Silniční síť – fungování je třeba hodnotit z pohledu celého systému
– síťové analýzy



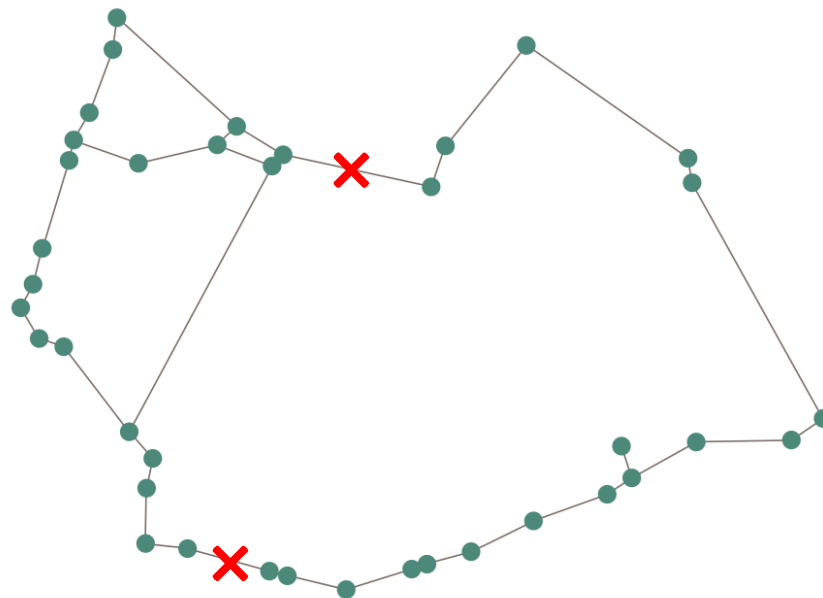
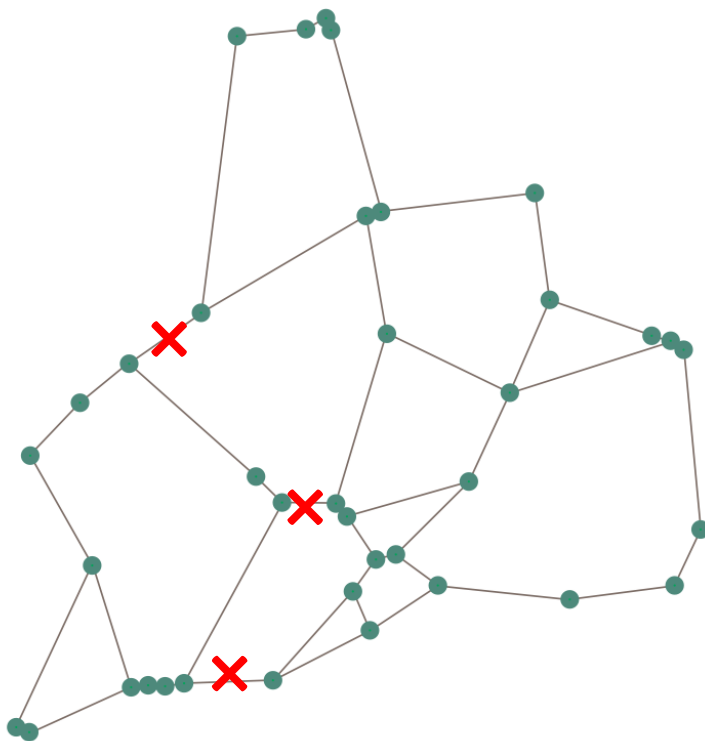
Maximální robustnost sítě,
Nejvyšší náklady na výstavbu a provoz



Minimální robustnost sítě,
Nejnižší náklady na výstavbu a provoz

Silniční síť – fungování je třeba hodnotit z pohledu celého systému – síťové analýzy

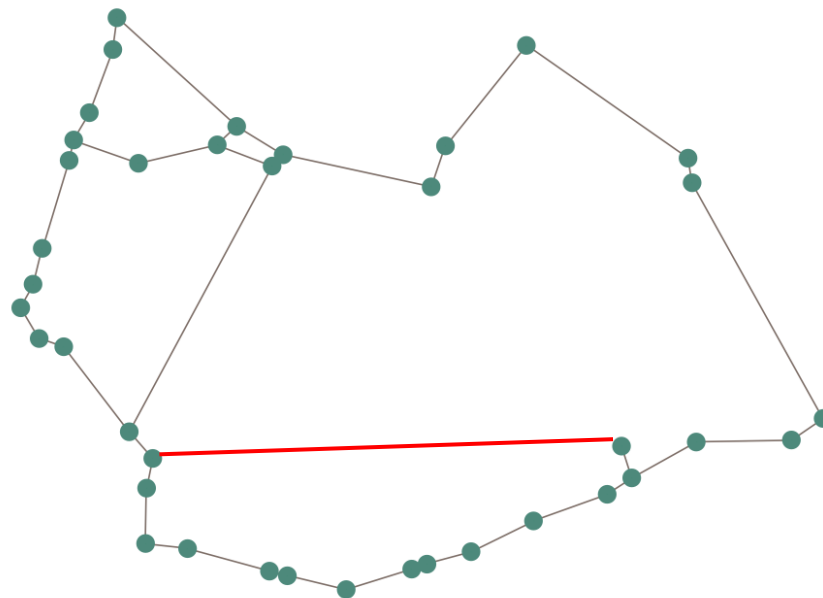
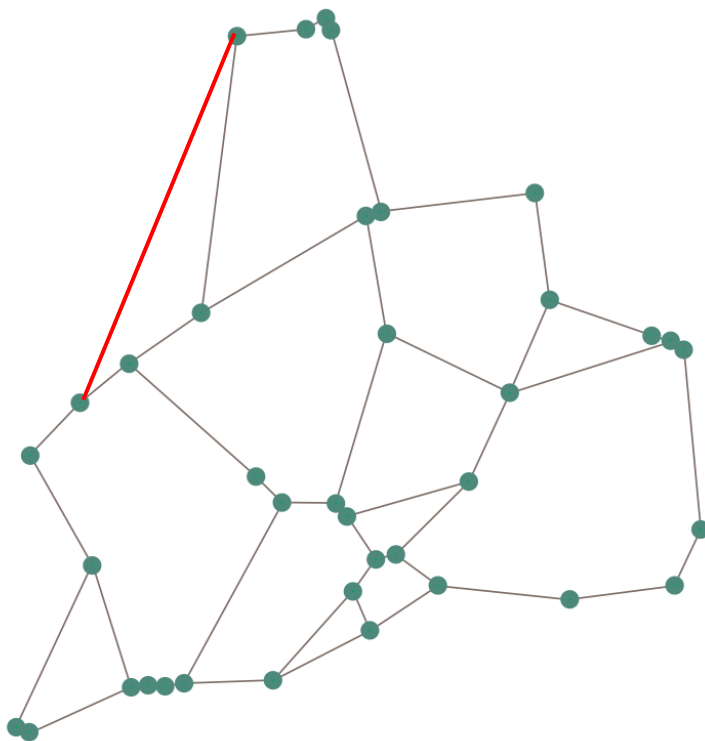
**Modelování
Robustnosti sítě**



***Kolik hran je třeba přerušit, abychom síť rozbili na dvě části?
Jaká kombinace přerušených hran bude mít největší dopad?***

Silniční síť – fungování je třeba hodnotit z pohledu celého systému – síťové analýzy

**Optimalizace
Zvýšení odolnosti sítě**



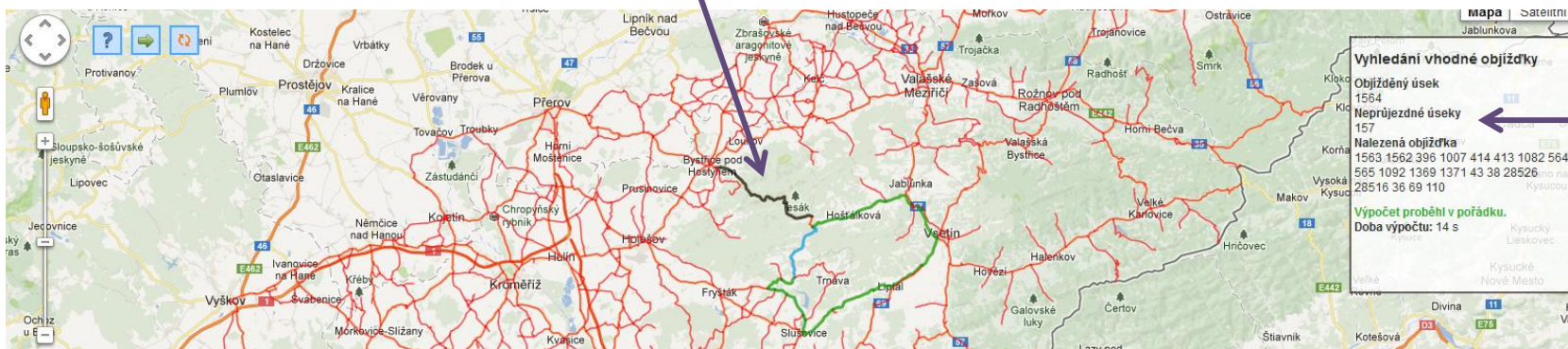
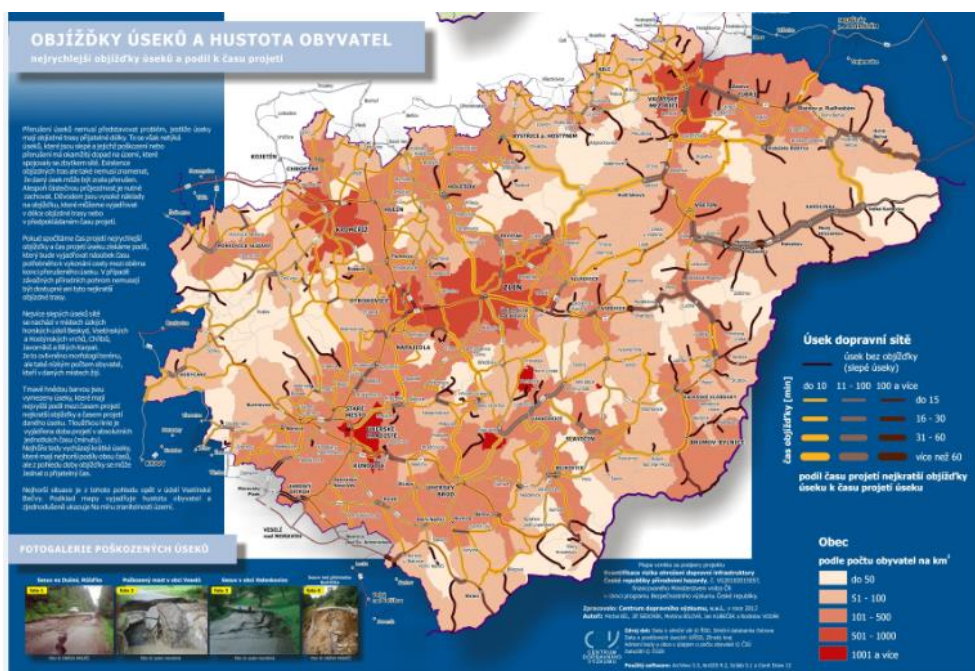
*Kombinace uzlů, jejichž spojením se nejvíce zvýší **robustnost** sítě*

 *Náhradní spojení*

Objízdné trasy přerušených úseků

Mapa objízdných tras jednotlivých úseků silniční sítě ZLK – srovnání časových nákladů na objížd'ky, pokud existují

<http://trisk.cdvinfo.cz/objizdky/>

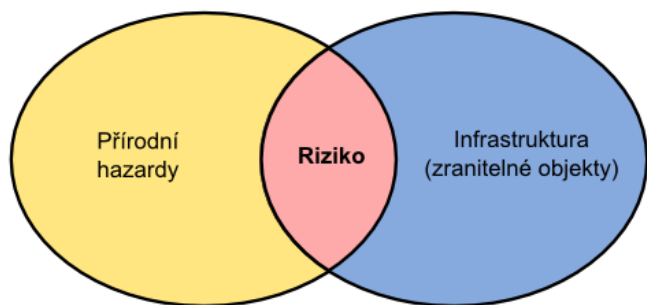
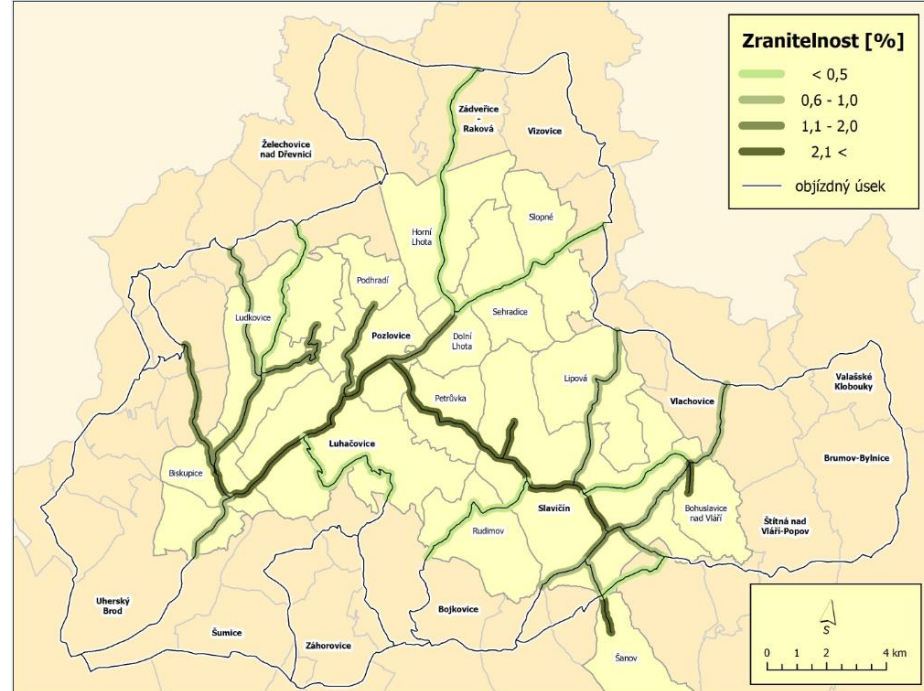
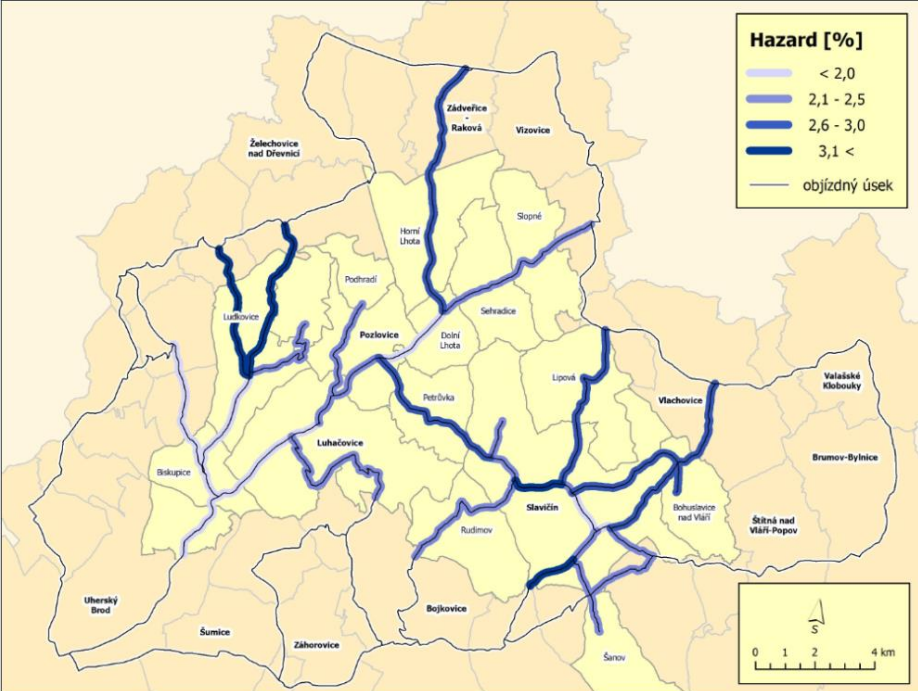


Webová aplikace pro výběr objízdných tras podle aktuálního stavu a potřeby (data silniční sítě Zlínského kraje)

* - vložení aktuálně neprůjezdných úseků

Aplikace analýzy rizika silniční síť ORP Luhačovice





Příklad určení rizika
ohrožení silničního úseku
přírodní pohromou v ORP
Luhačovice

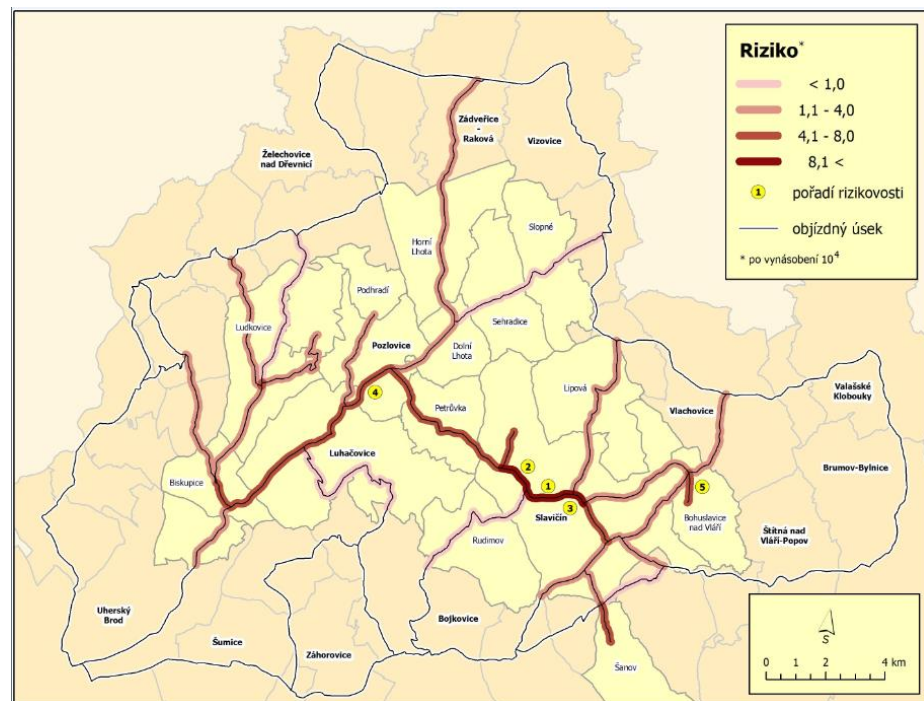
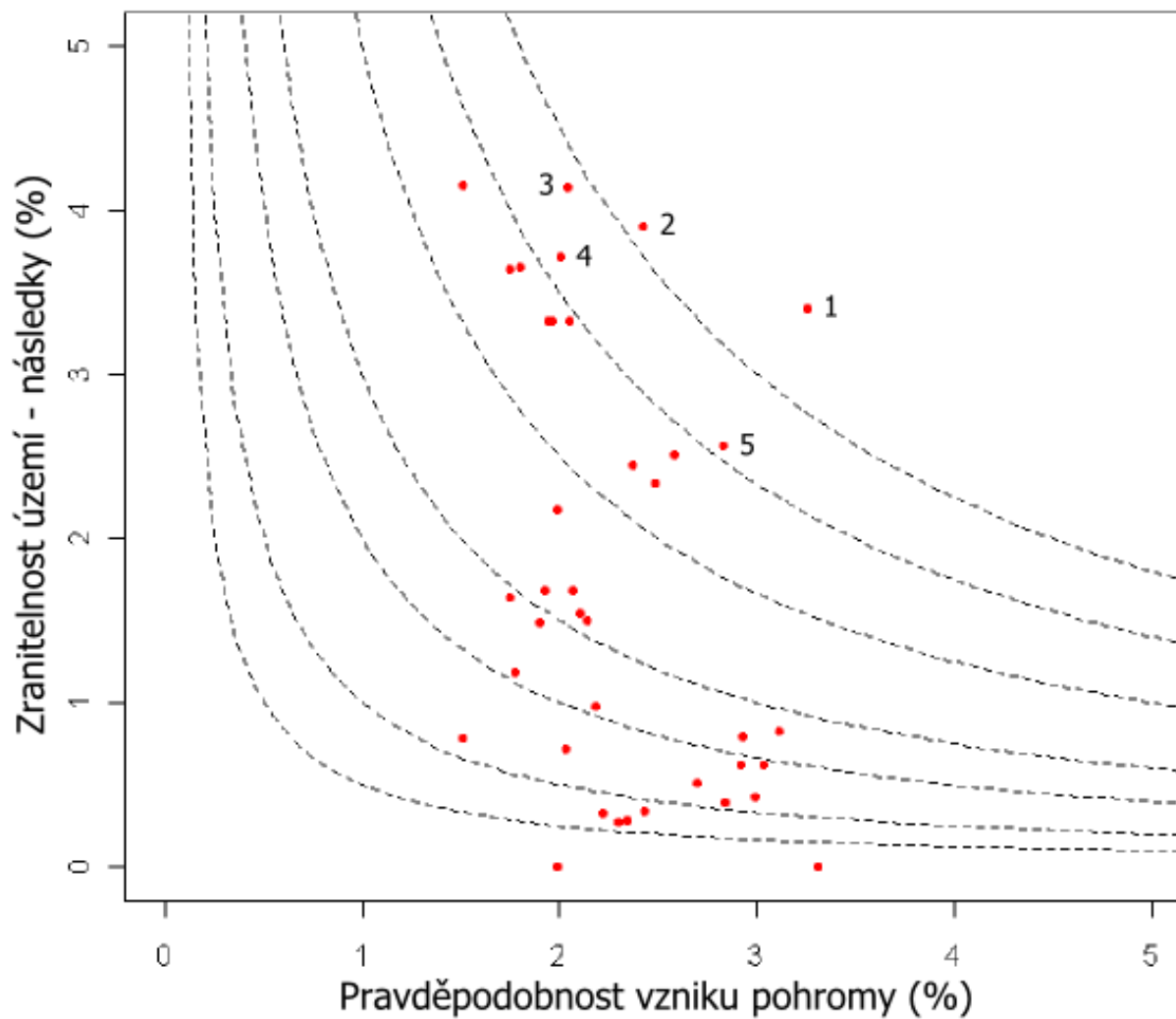
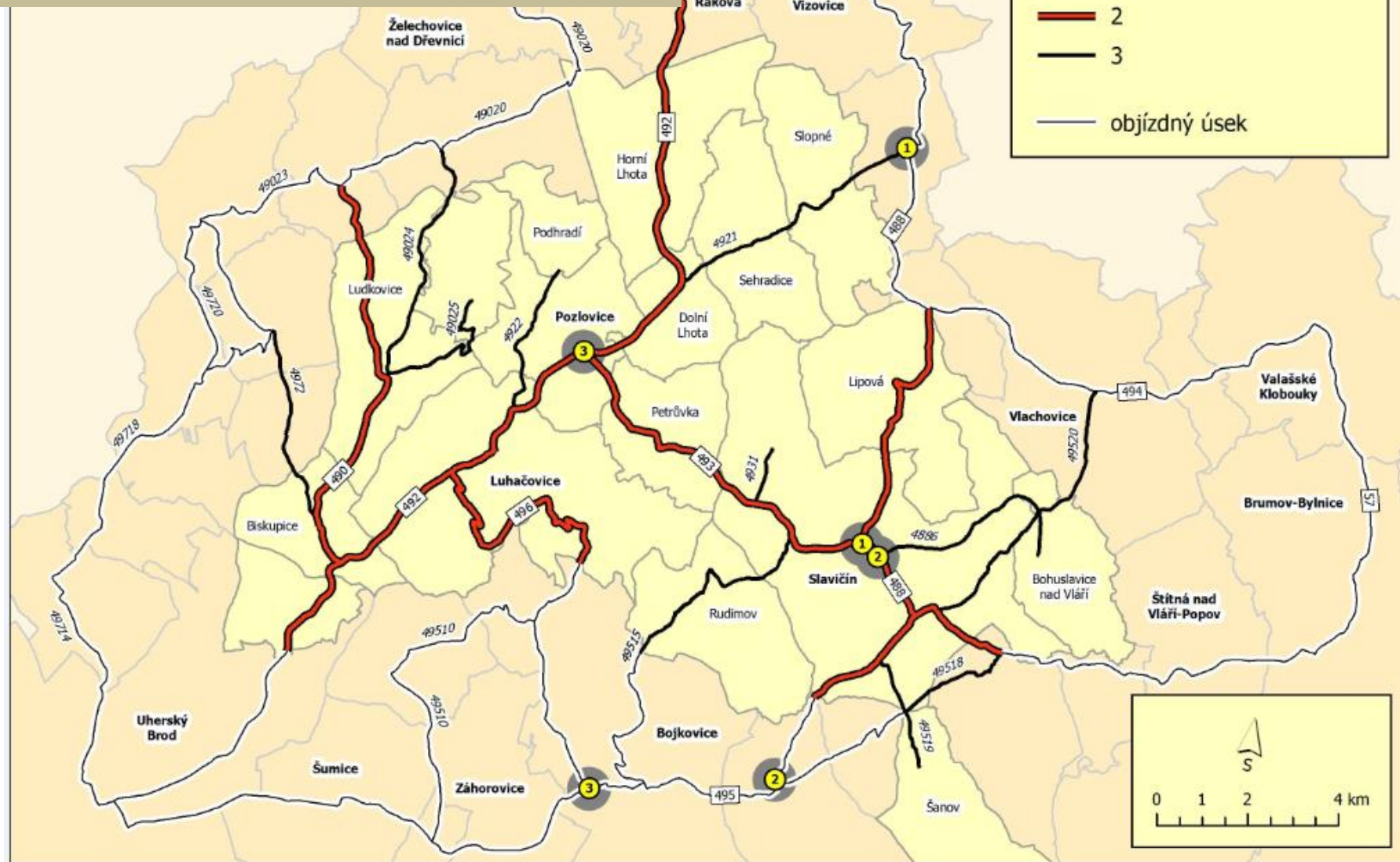


Diagram rizika

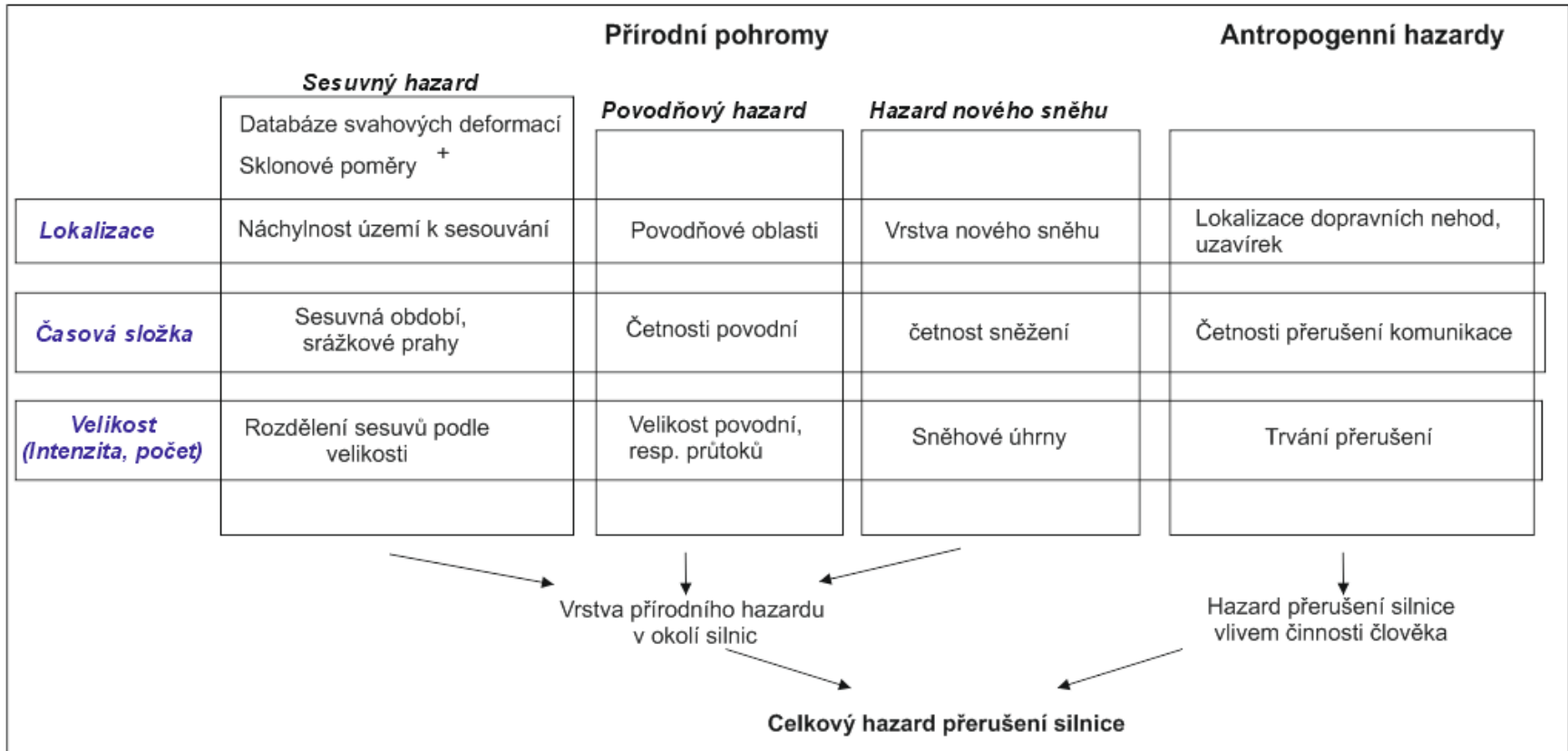


Optimalizace topologické struktury silniční sítě



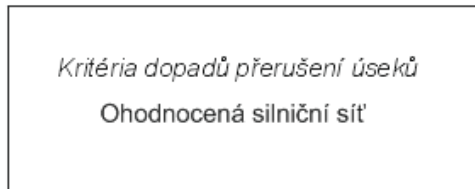
Shrnutí postupů hodnocení rizika

HAZARD



ZRANITELNOST

Silniční síť



Vrstva zranitelnosti →

RIZIKO

Riziko přerušení úseku silnice

Snížení rizika

- Optimalizace silniční sítě
 - Identifikace a sanace nehodových lokalit
 - zpevnění slabých úseků silniční sítě

Příklady snížení rizika →

Děkuji za pozornost

Kontakt:

RNDr. Michal Bíl, Ph.D.

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Wellnerova 3

779 00 Olomouc

michal.bil@cdv.cz

mobil: 602 361 748