

# APE

## **Retence krajiny – srážko-odtokové vztahy a bilance (povodně a sucho)**

Tomáš Dostál  
B 602, dostal@fsv.cvut.cz



Hydrologický cyklus existuje – nezávisle na nás

ČR – střecha Evropy – všechny řeky od nás odtékají

Plná závislost na srážkách

Koloběh vody: malý x velký

Nelze ovlivnit, kolik vody u nás spadne, ale lze ovlivnit kolik jí tu zůstane



Dle prognóz IPCC (změna klimatu) – do roku 2025 bude mít  
30 % obyvatel EU problémy se zajištěním dostatku vody

ČR je plně závislá na srážkách a na hospodaření s nimi



## Výhled z hlediska změny klimatu:

Dlouhodobé průměrné hodnoty budou zachovány, změní se časové rozložení

= stejný srážkový úhrn vypadne v menším počtu srážkových epizod - s vyšší intenzitou

Prodlouží se období sucha mezi extrémními srážkami

Je nutno zvyšovat retenci krajiny abychom:

- Zmírnili následky povodní (snížili povodňové odtoky)
- Zadrželi vodu pro suchá období

<http://www.intersucho.cz/cz/>



ČESKO

SLOVENSKO

STŘEDNÍ EVROPA

**INTERSUCHO**

Aktuální stav sucha

Předpovědi

Sucho v okresech

en

menu

Intenzita sucha

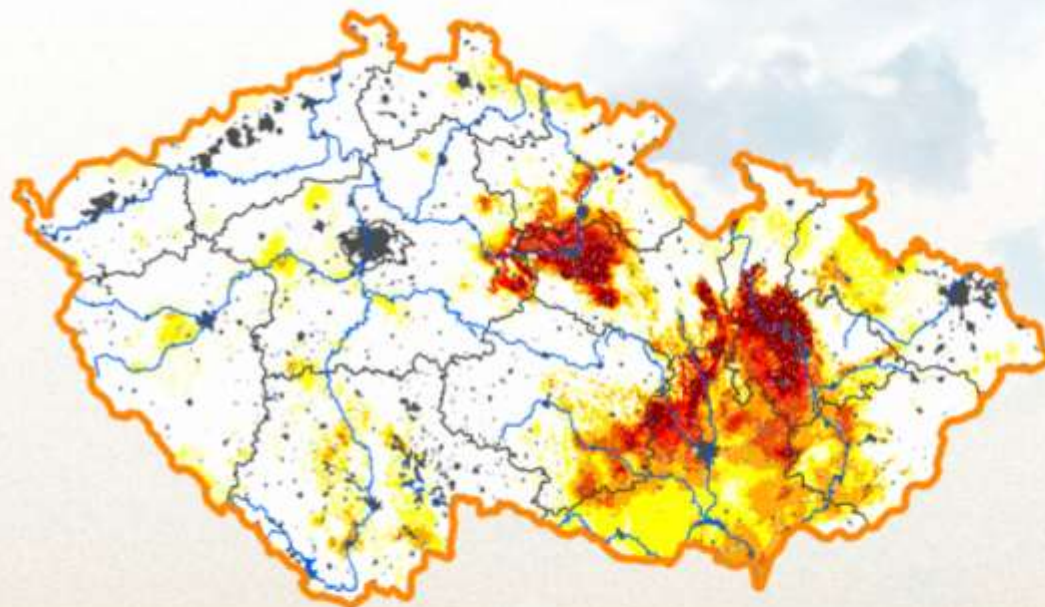
Deficit

Nasycení půdy

Dopady na vegetaci

Dopady na zemědělství

Kumulovaný stres



26. 3. 2017

12.  
týden



Přehrát animaci:

poslední 4 týdny



10. týden 2017 - 13. týden 2017

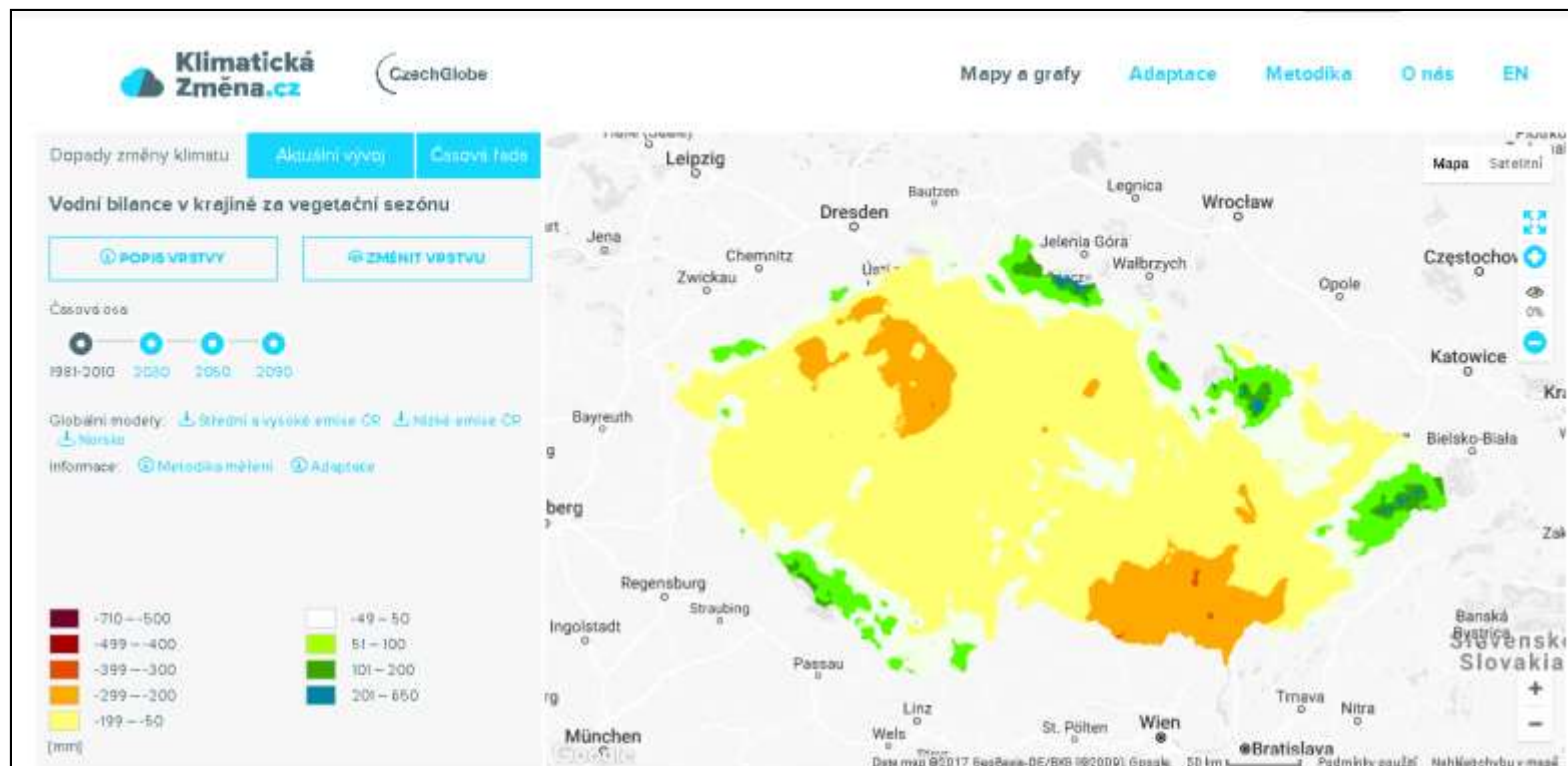


Stáhnout mapu



Zobrazit

Odchylka půdní vlhkosti od obvyklého stavu v období 1961 - 2010



## Co je to klimatická změna

Chcete vědět vše podstatné o klimatické změně. Navštivte našeho [PRŮVODCE ZMĚNOU KLIMATU](#).

Myslíte si, že probíhá klimatická změna?

ANO

NE



Retence – prevence sucha

Retence – prevence povodní

**diskuze o protipovodňové ochraně a prevenci...**

**.... diskuze o koncepci...**

**opatření technická x opatření v krajině**

**názory nejsou jednotné...**



## **všeobecně akceptované „pravdy“ ohledně vzniku odtoku a povodní**

- **povrchový odtok nevzniká v lese, na louce nebo obecně v přírodní krajině**
  - **přírozená niva má velkou retenci**
  - **vodní nádrže mají zásadní retenční efekt**
  - **přírodní prvky v krajině mají velký retenční potenciál**
- **revitalizace vodního toku výrazně pozitivně ovlivní transformaci povodňové vlny**
- ....





## **Řada procesů je nicméně zákonitá a řada vlivů je zcela jednoznačná, nicméně opomíjená**

např.

**Retenční kapacita krajiny je přibližně konstanta – při velkých srážkách může být zanedbatelná**

**Retenční kapacita malé vodní nádrže x její objem x objem odtoku**

*(2 km<sup>2</sup>povodí, 20 mm srážka, 0,5 odtokový součinitel = vodní nádrž 2 ha, výška hráze 3 m – prázdná !!!)*

**Liniová PEO – pokud nejsou správně navržena a provedena mohou situaci i zhoršit**

**Charakter koryta se uplatňuje jen po jeho kapacitu – dále už jen niva**

**Retence vody v nádrži – pokud je nádrž plná, pak jen transformace**

**Tvar povodí je zcela zásadní pro tvorbu a průchod vlny a vliv opatření**



**Retenční kapacita krajiny je přibližně konstanta – při velkých srážkách může být zanedbatelná**



**.....povrchový odtok může vznikat i ve zcela přirozeném prostředí – záleží na intenzitě a době trvání srážky....**

# Povodí Polečnice....



<b>využití</b>	<b>%</b>
<b>lesy</b>	<b>49%</b>
<b>TTP</b>	<b>29%</b>
<b>vojenský újezd-lada</b>	<b>11%</b>
<b>orná</b>	<b>8%</b>
<b>intravilán</b>	<b>2%</b>

Způsob využití krajiny je v podstatě ideální....

....přesto Polečnice v Českém Krumlově každoročně působila větší škody než Vltava (povodně 2002)



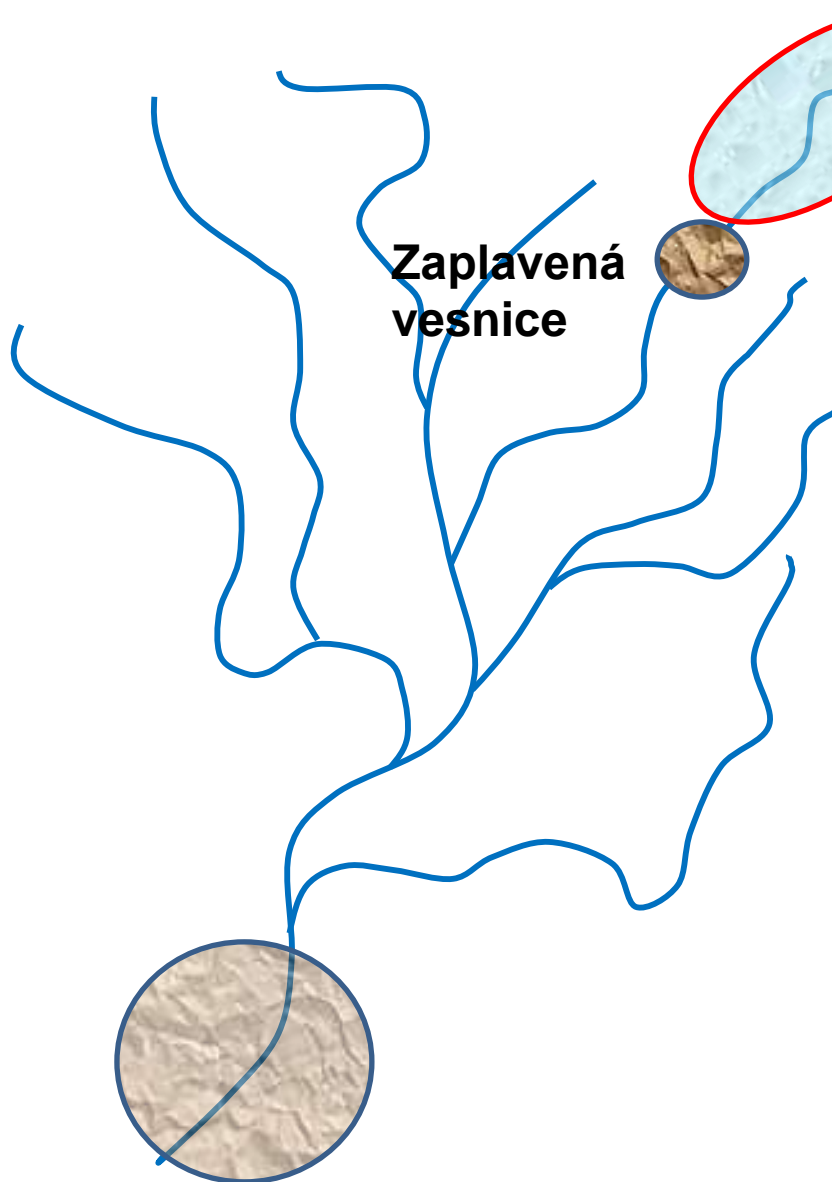


**Standardní povodně – způsobené srážkou:**

# Vznik povodně – zákonitý proces

**Malé povodí – přívalová srážka (bouřka)**

**Velké povodí – regionální meteorologická situace,  
tání sněhu**



**Zaplavená vesnice**

Oblast srážky

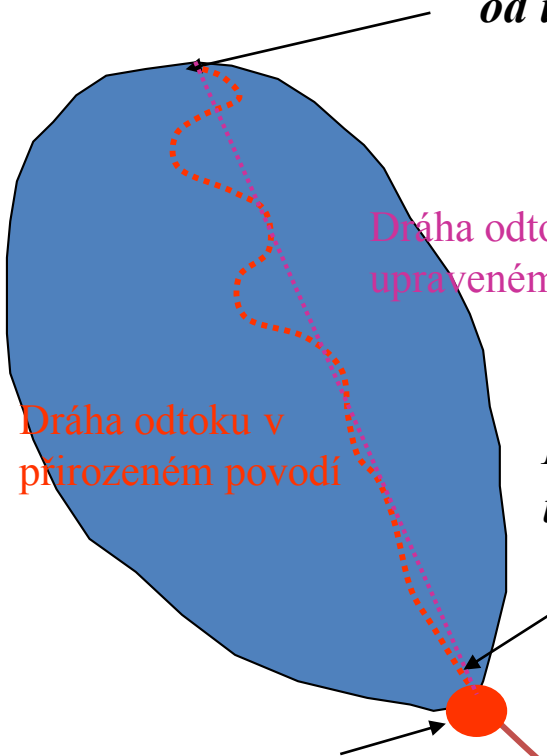
Oblast srážky

**Zaplavené město**

Malá plocha  
Vysoká intenzita  
Lokální problém

Velká oblast  
Nižší intenzita  
Regionální problém

*Bod nejvzdálenější  
od uzávěrového*



Dráha odtoku v  
upraveném povodí

Dráha odtoku v  
přirozeném povodí

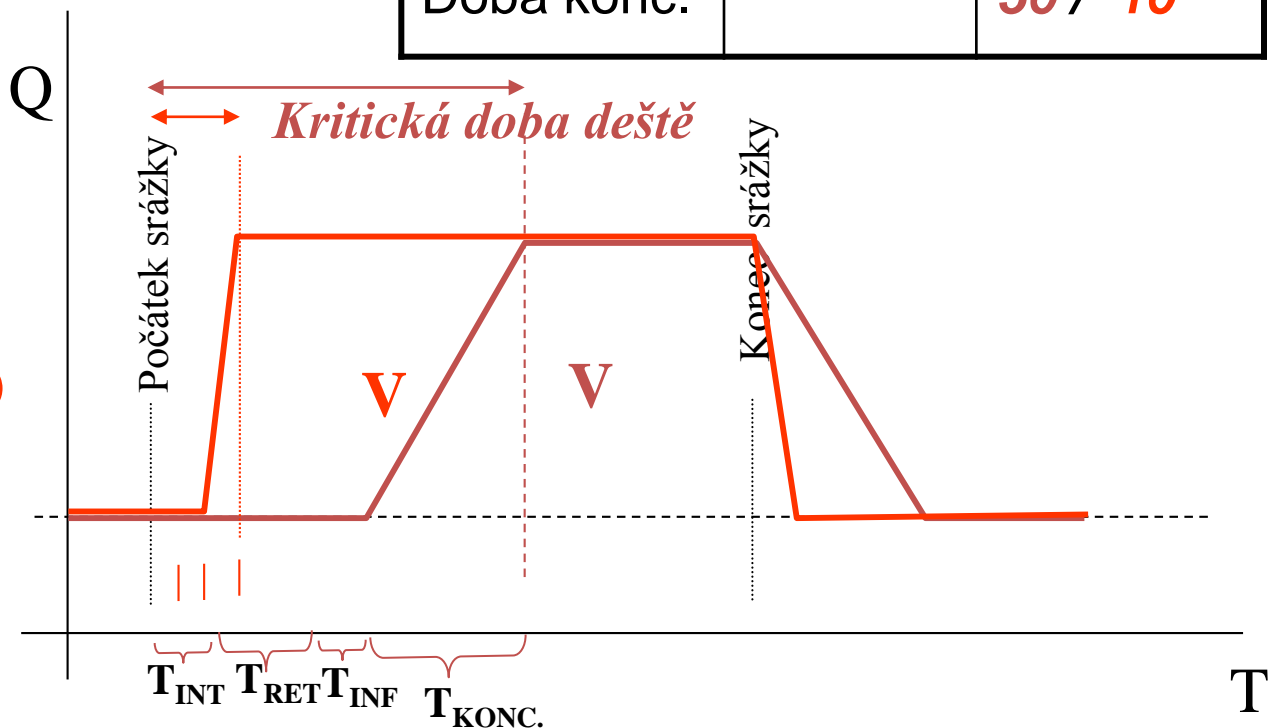
*Bod nejbližší  
uzávěrovému*

*Uzávěrový bod povodí*

LES/ ZPEVNĚNÁ PLOCHA	H(mm)	T(min)
intercepce	4 / 0	20 / 0
infiltrace	8 / 1	40 / 5
retence	3 / 1	15 / 5
	<b>15 / 2</b>	<b>75 / 10</b>
Doba konc.		<b>50 / 10</b>

**Doba koncentrace T**  
(čas odtoku z nejvzd. místa)

Děšť konst. intenzity,  
různé doby trvání



$T_{INT}$   $T_{RET}$   $T_{INF}$   $T_{KONC.}$

T

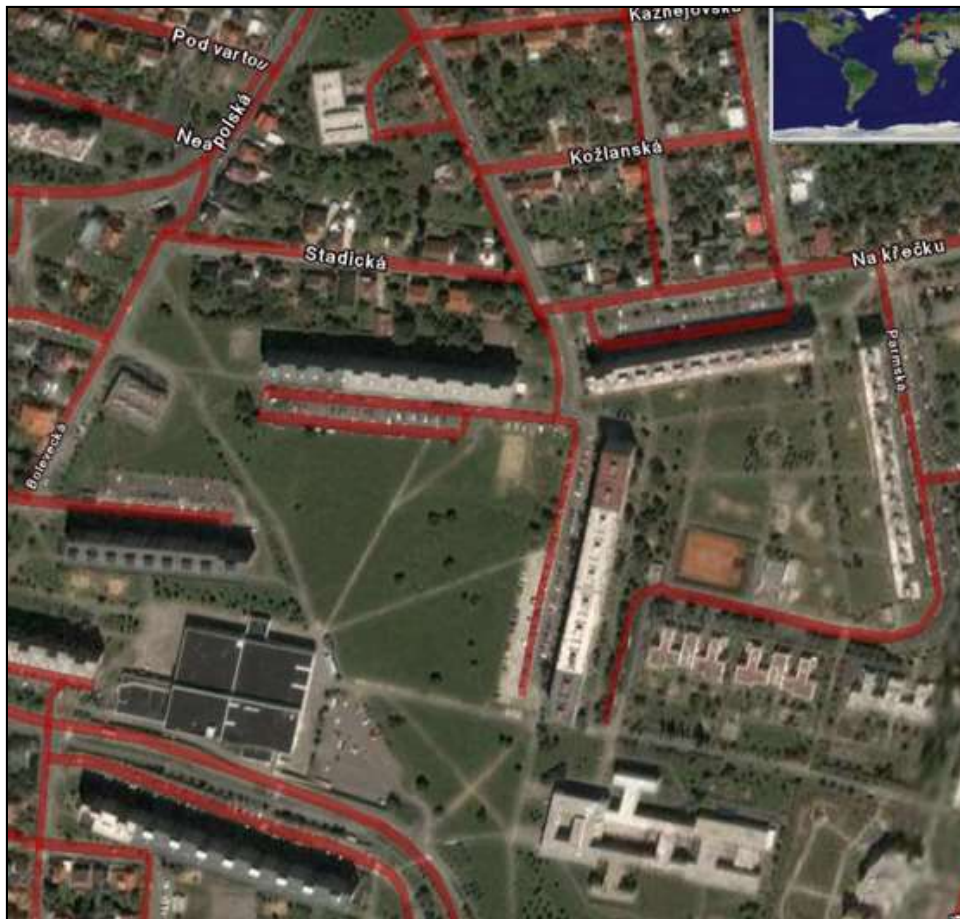


**Ukazuje se, že vliv zpevněných ploch je významný....**

**Současný trend –**

- **zahušťování městské zástavby**
- **suburbanizace**

***Fenomén zde byl vždy, ale nikdy v takovém měřítku a rychlosti...***



Zastavění volné plochy na sídlišti

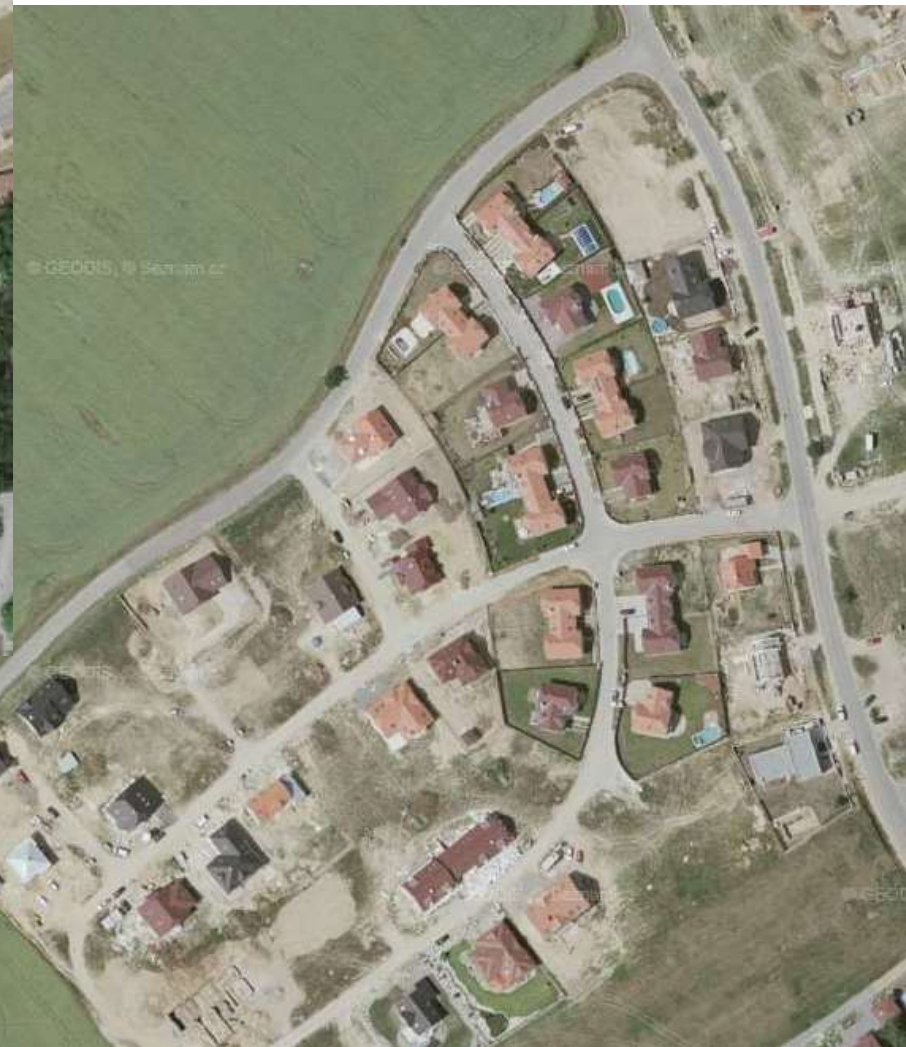




Satelitní výstavba  
„na zelené louce“



stará – rozvolněná zástavba



satelit – velké domky na malých parcelách



- **nárůst objemu odtoku pro povodí Botiče – 100 km<sup>2</sup>:**
  - **1990 – 2004 o 50 %**
  - **2004 – 2010 o více než 100 %**
  
- **jen při plánovaném zastavění**
  
  
- **hustší zástavba – zastavěno až 70 % výměry parcely**
- **snížení dotace podzemních vod**



Na druhou stranu ale.....

**Otázka..... Maximální možný průtok pro srážku dané intenzity  
nezávisí na způsobu využití území ????**



## NE nezávisí....

Závisí na **době opakování....** na **trvání srážky....**

### PŘÍKLAD

**Nepropustné povrchy** – max. průtok po **20 minutách** – taková srážka přichází často

**Povrchy s vysokou retencí** – max. průtok po **více než 2 hodinách** – výjimečná srážka





A nebo jiná možná prezentace faktů.....

**Může stav povodí odvrátit nebezpečí povodní ???**

**NE !!!**

Celková retence:

- les: 15 mm
- zastavěné území: 1,5 mm

Srážka 20 mm (cca  $Q_{10}$ ) – rozdíl v odtoku: **5 x 18,5 mm** – **významný**

Srážka 300 mm (cca  $Q_{100}$ ) – rozdíl v odtoku: **285 x 298,5 mm** - **zanedbatelný**

**Vliv stavu krajiny – významný do srážek s dobou opakování  
cca 20 let**



# prevence:

- do epizod s dobou opakování cca 20 let – změny ve využití území
- Významné epizody → vliv vegetace je malý

- Udržet volnou inundaci
- Počítat s rozlivem, zachovat prostory pro retenci
- Níže ležící stavby ovlivní úroveň hladiny nad nimi



Alternativa – **technické prvky....**

- **přehrady**
- **ochranné hráze**
- **poldry, suché nádrže ...**

**Vytváří pocit bezpečí....**

**V případě selhání jsou škody významně vyšší**

**Jen přiměřená dávka sebedůvěry....**

**Nezbytné pro historická centra a historickou zástavbu – ale pro  
nová plánovaná sídla ???**





**Jednoduchá vizualizace vhodná pro velké oblasti....**

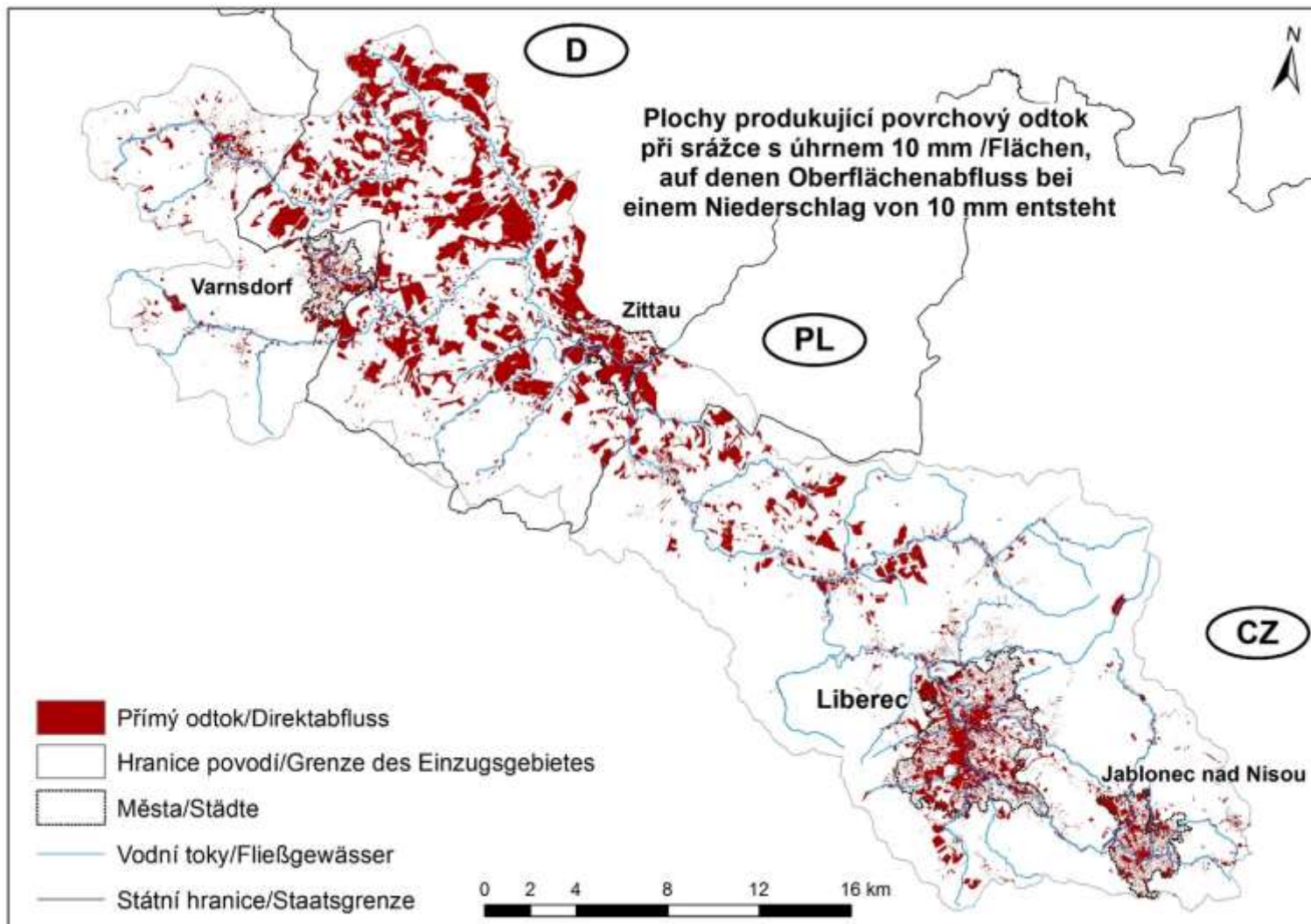
## **Oblasti v povodí, produkující odtok při rostoucím srážkovém úhrnu**

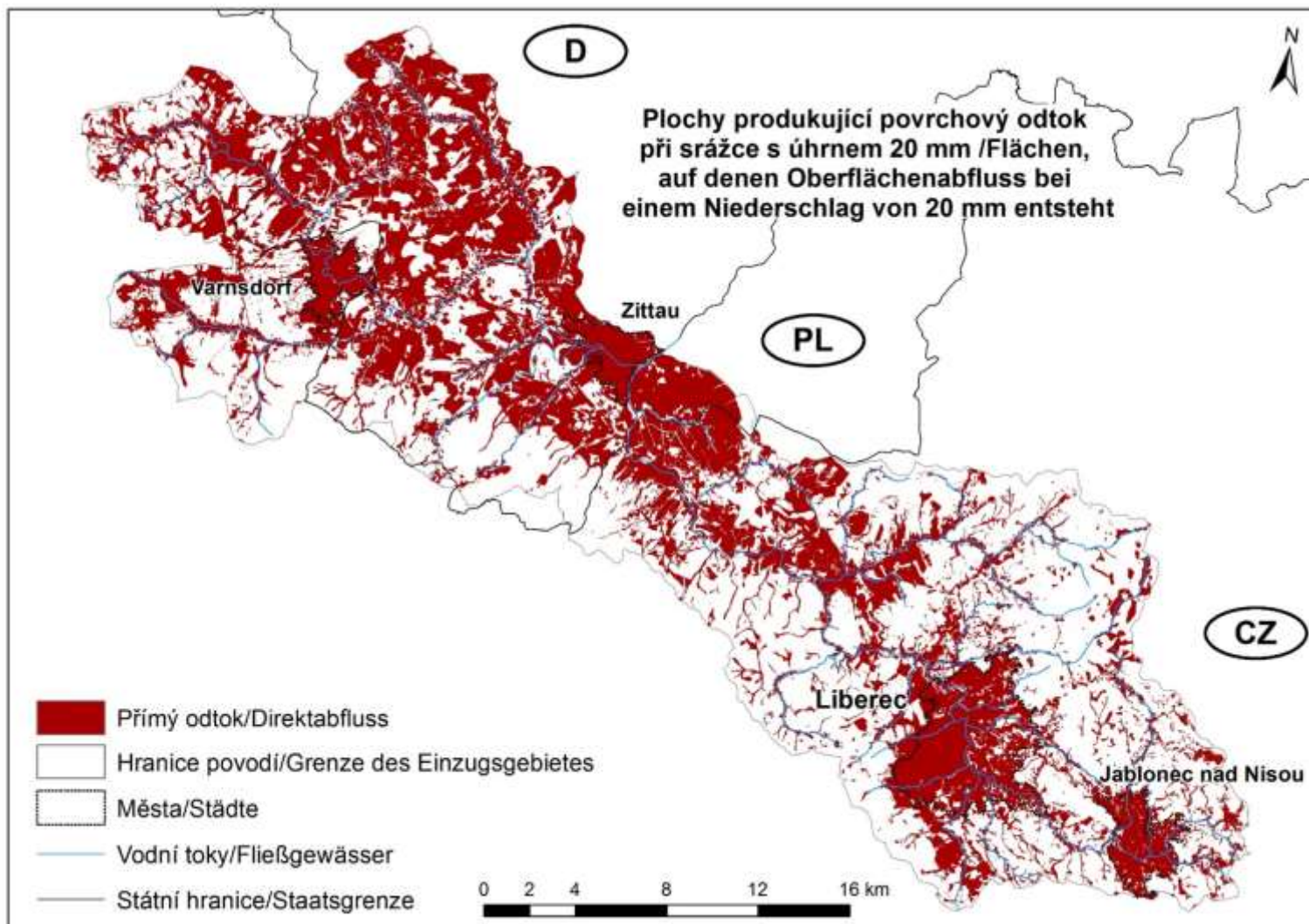
Aplikací podmínky vzniku povrchového odtoku

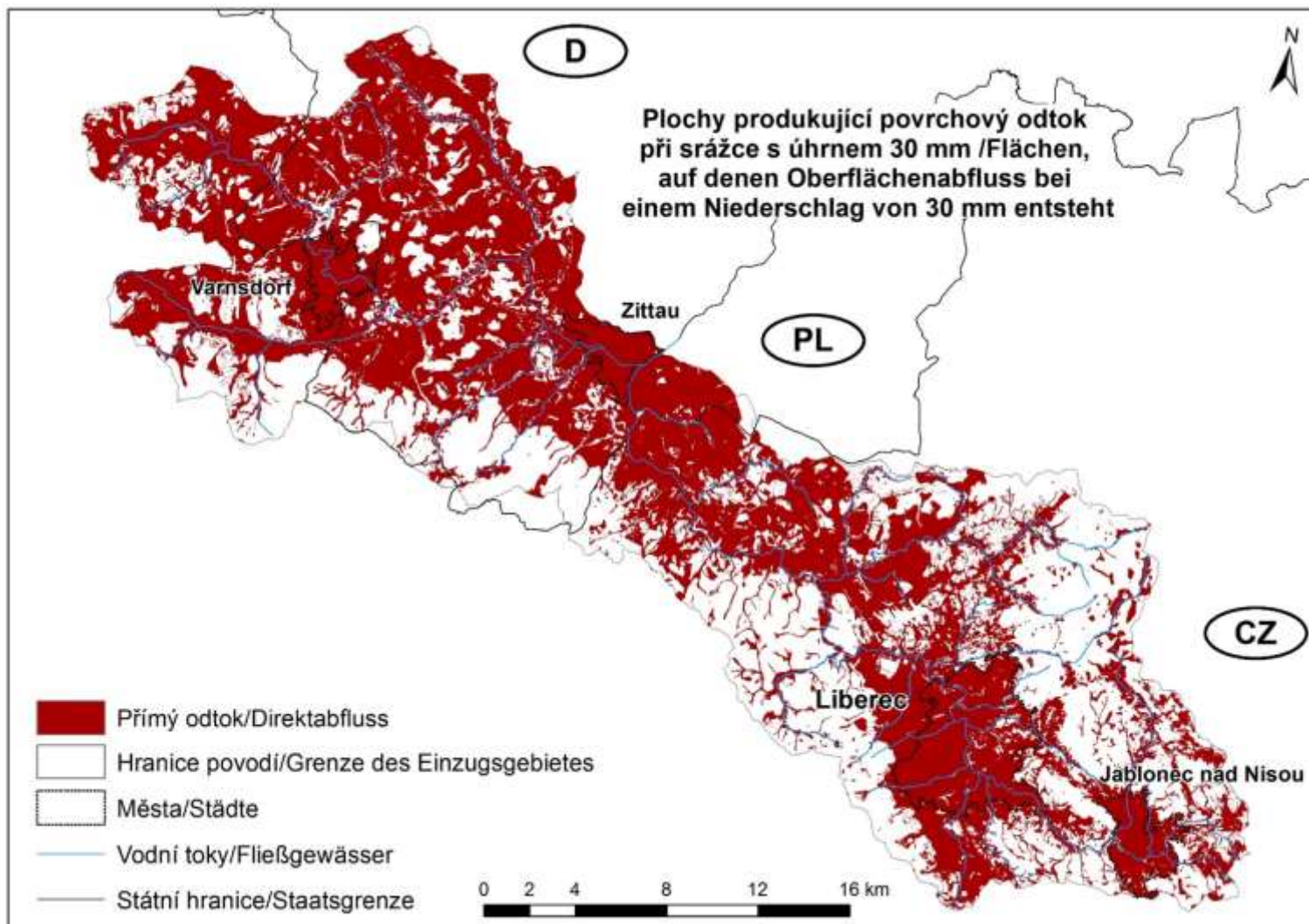
(úhrn srážky větší než 20 % potenciální retence)

je možno modelovat vznik povrchového odtoku během trvajících srážky v celém území a rostoucí plochu, produkující odtok....

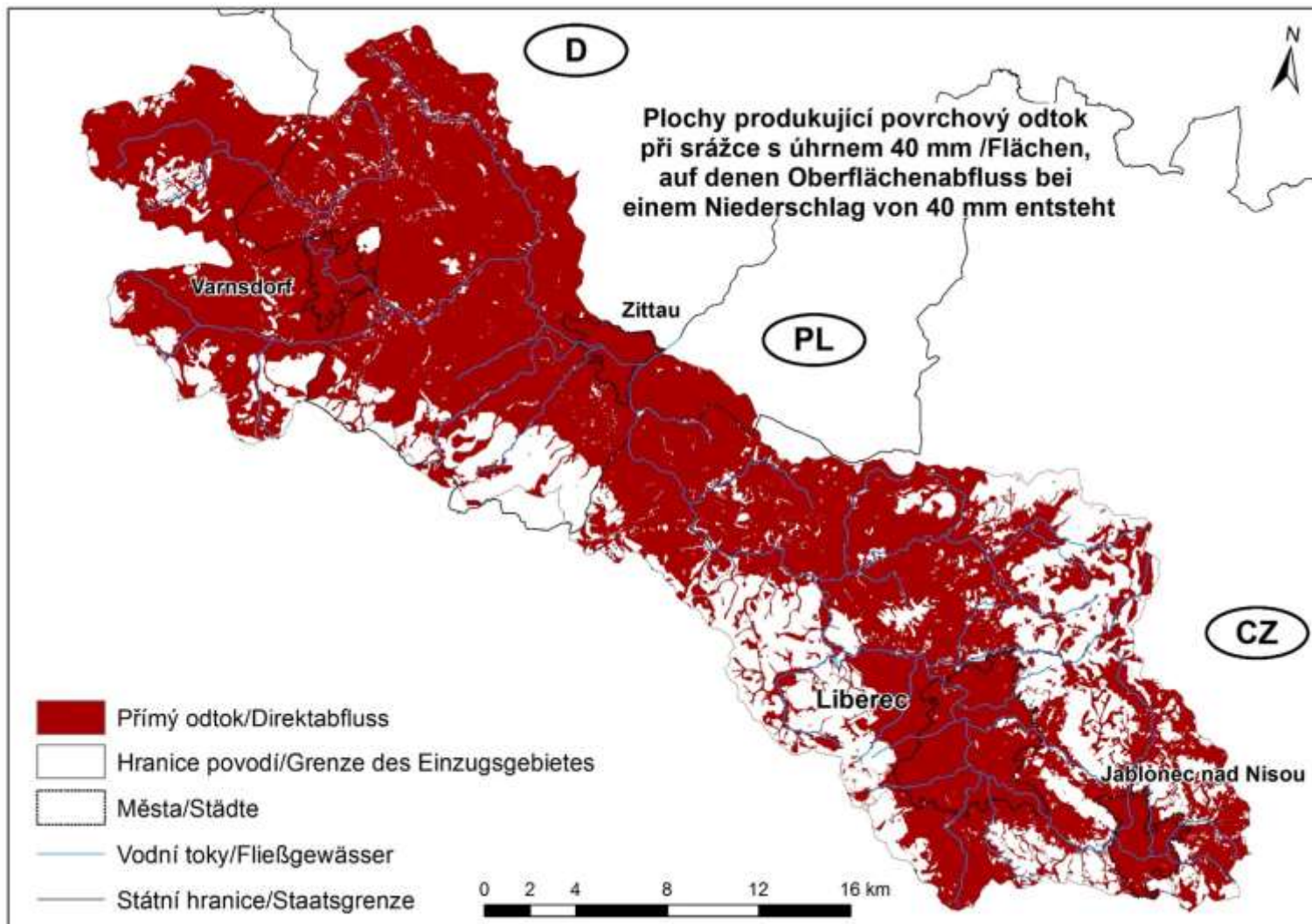
*Příklad – povodí Nisy (cca 500 km<sup>2</sup>)*

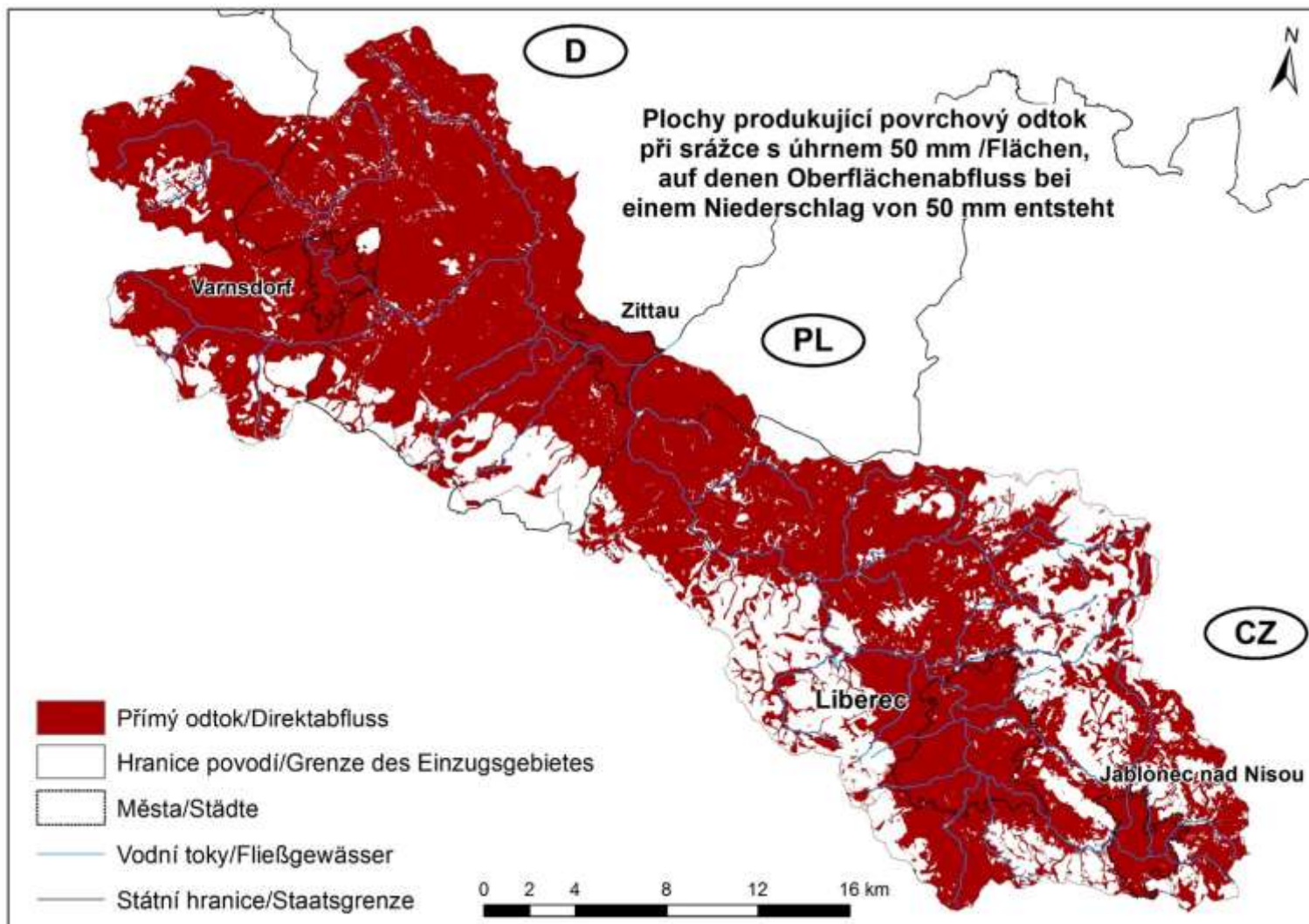


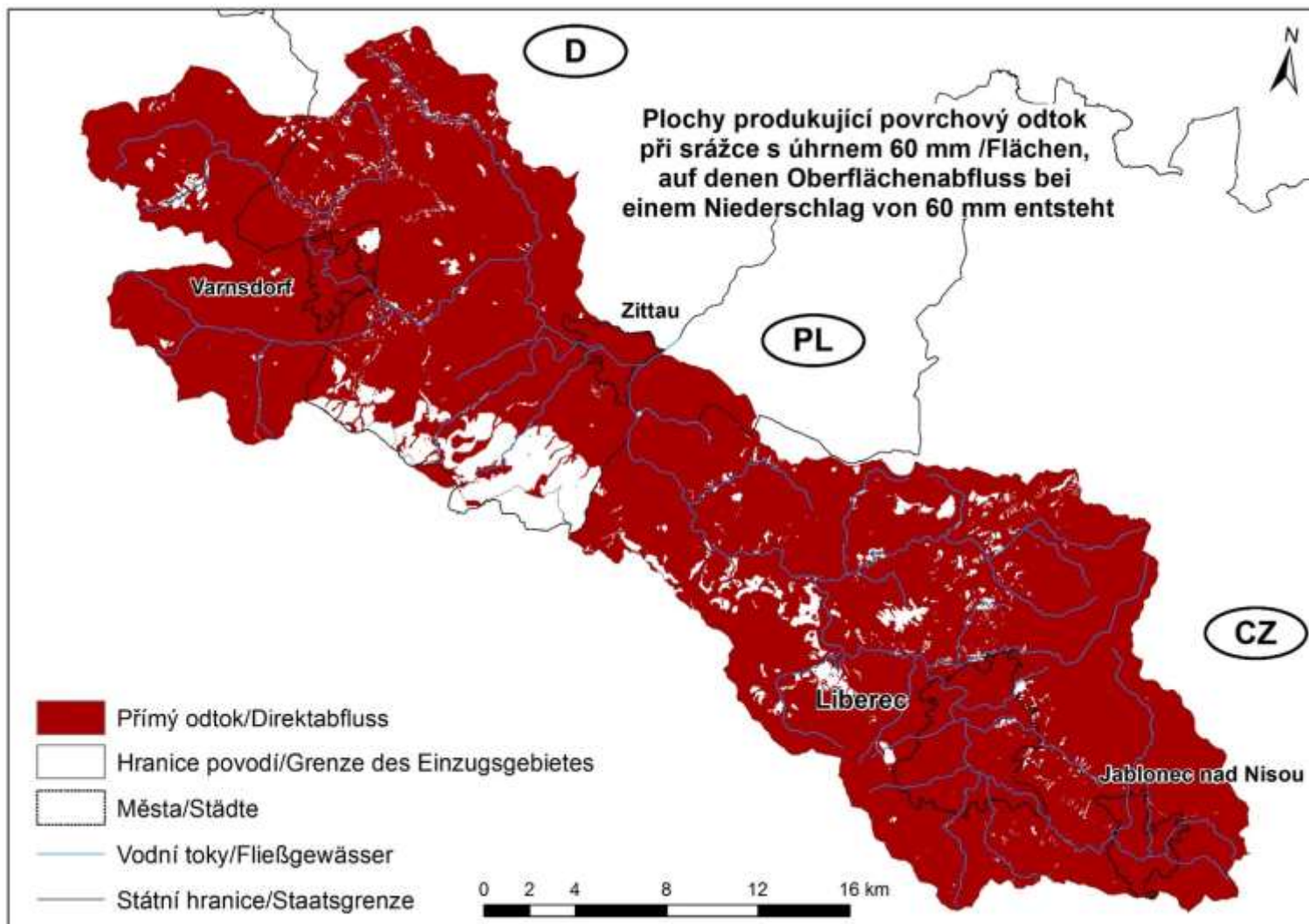




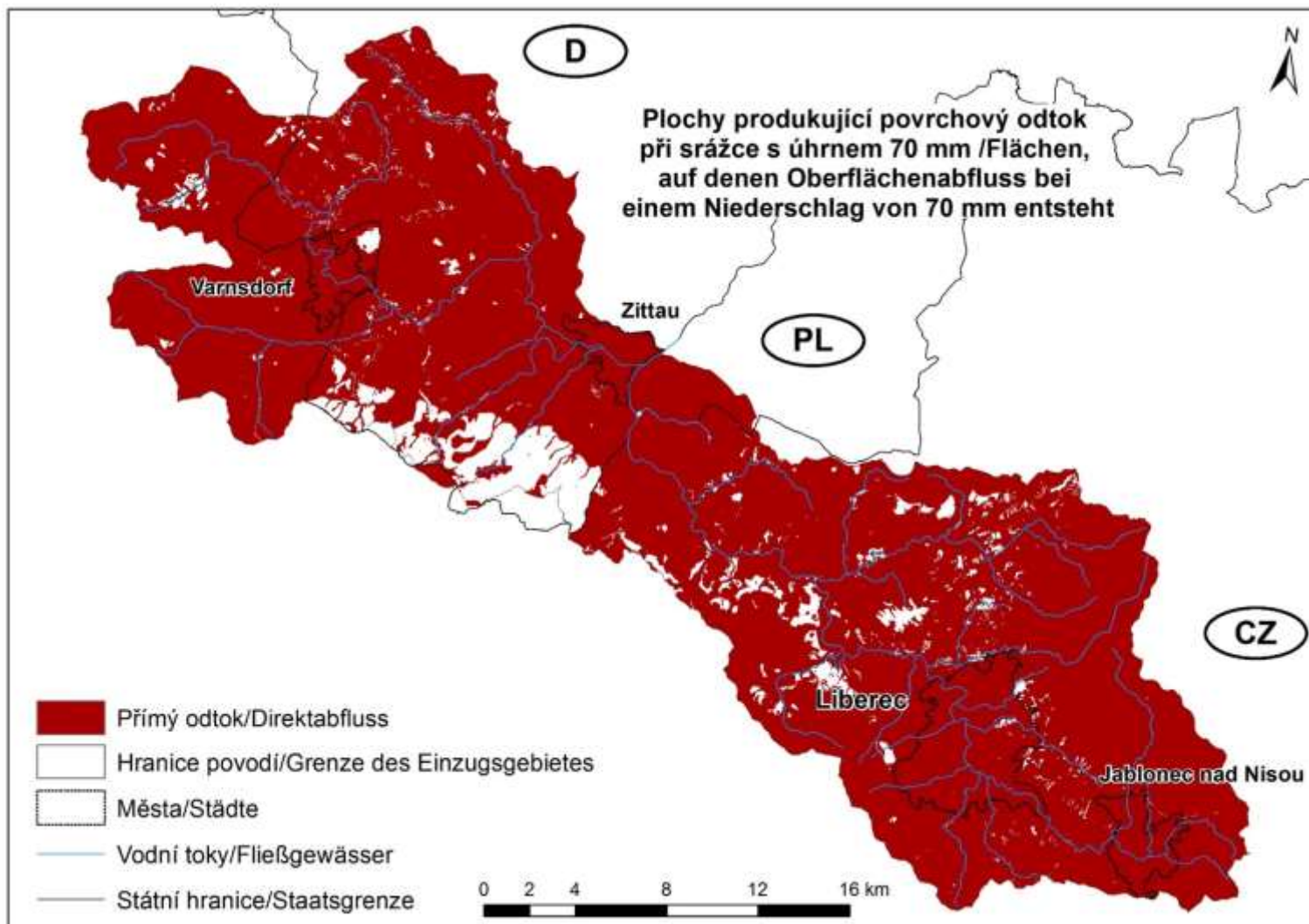




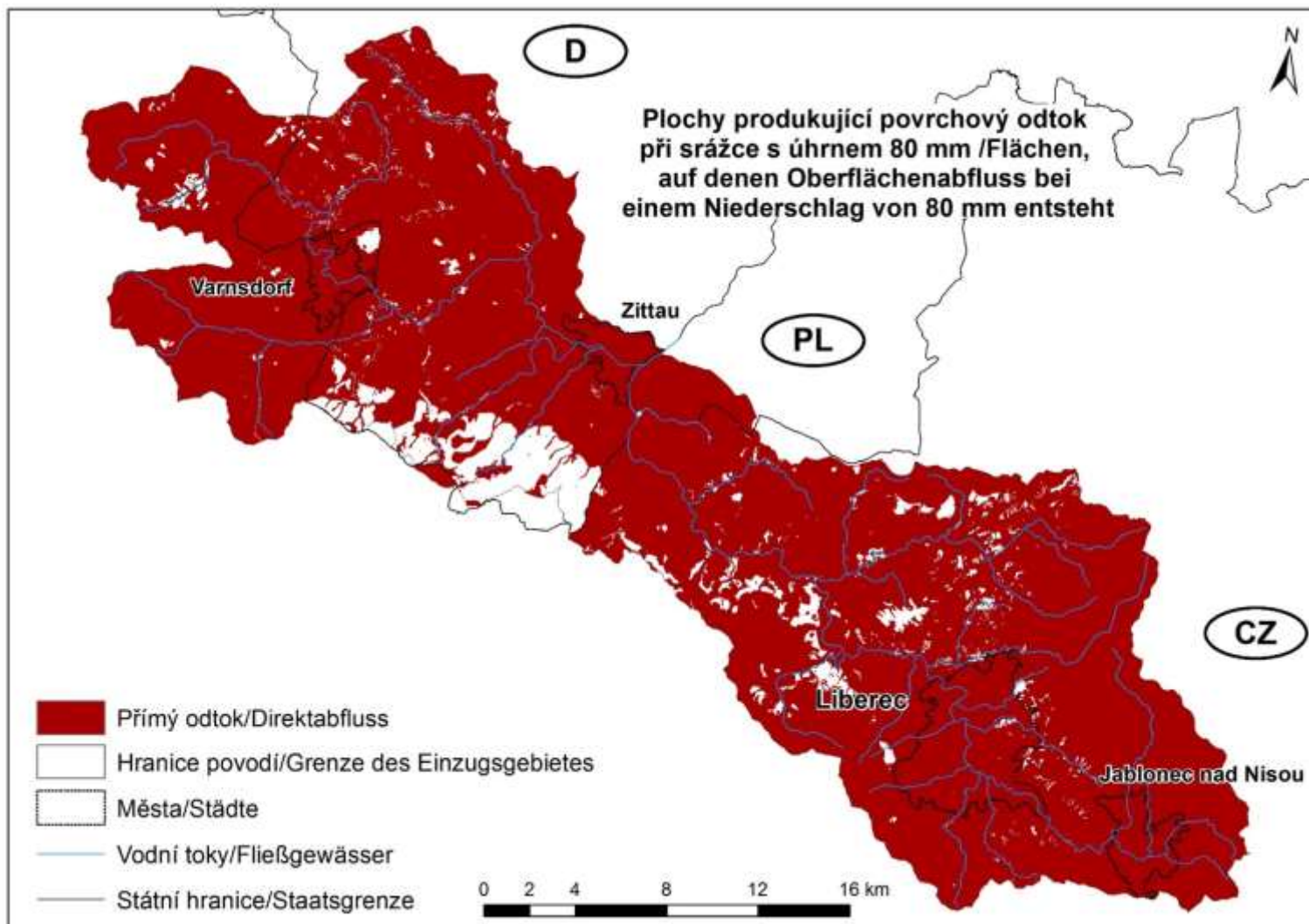


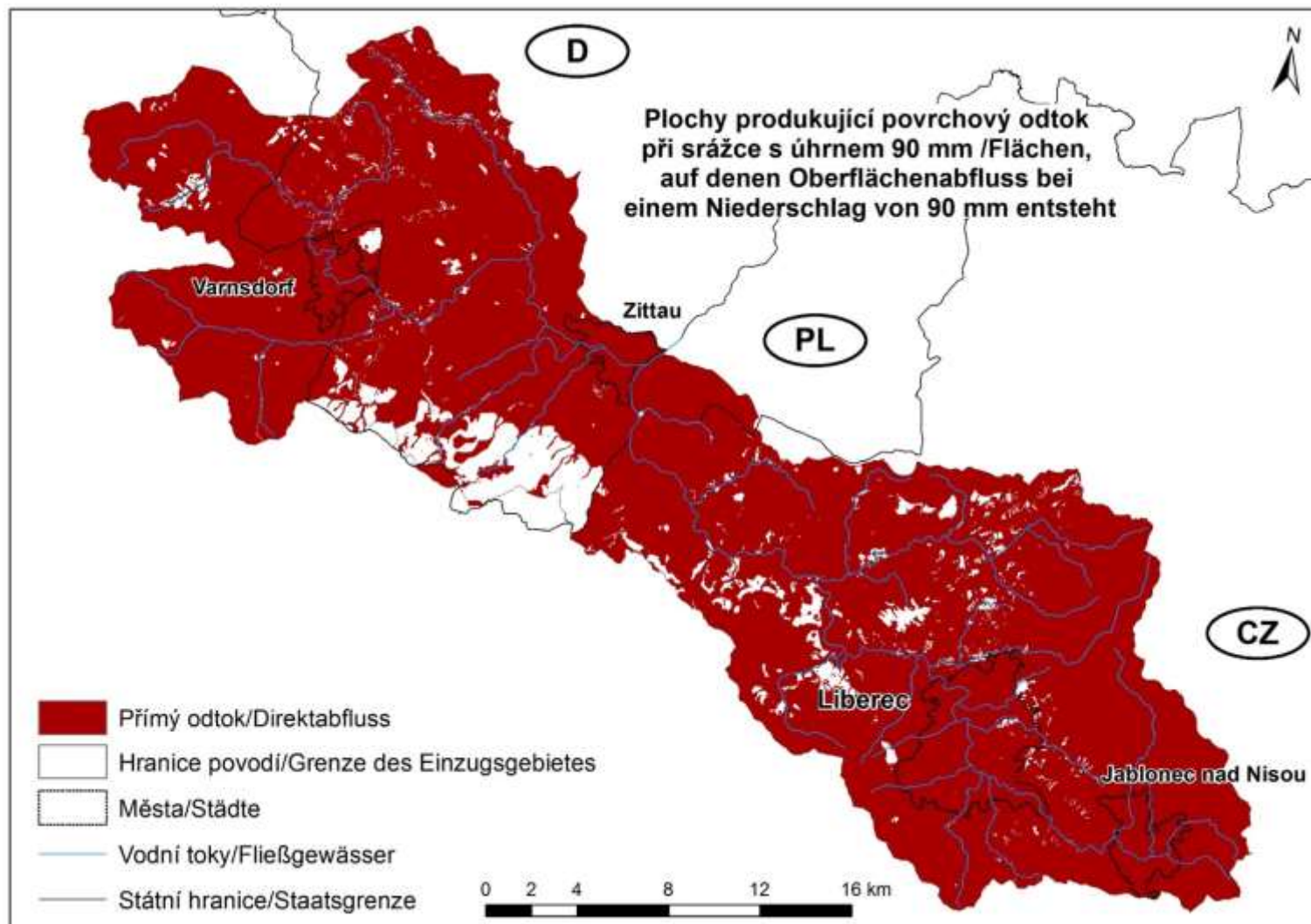


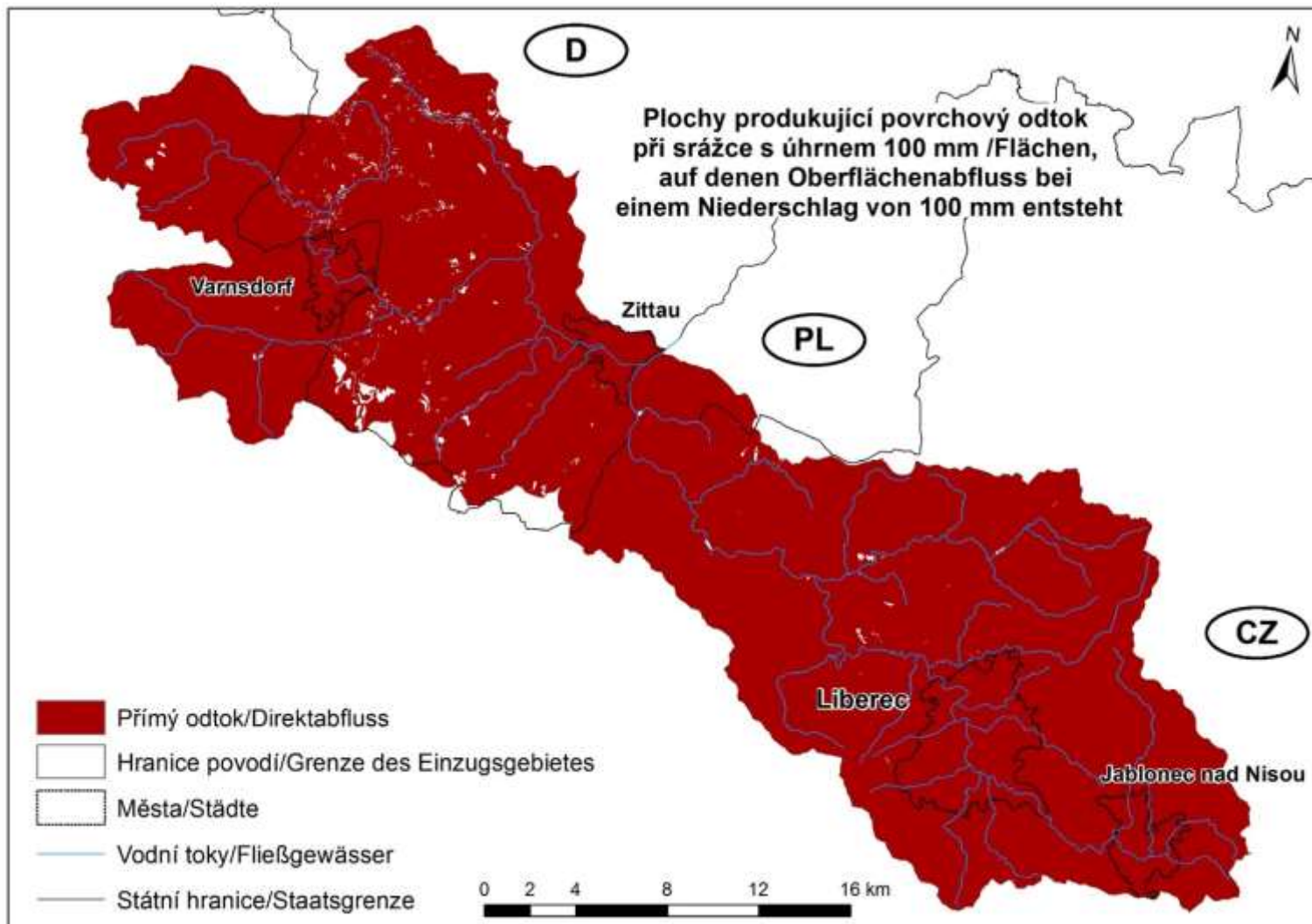


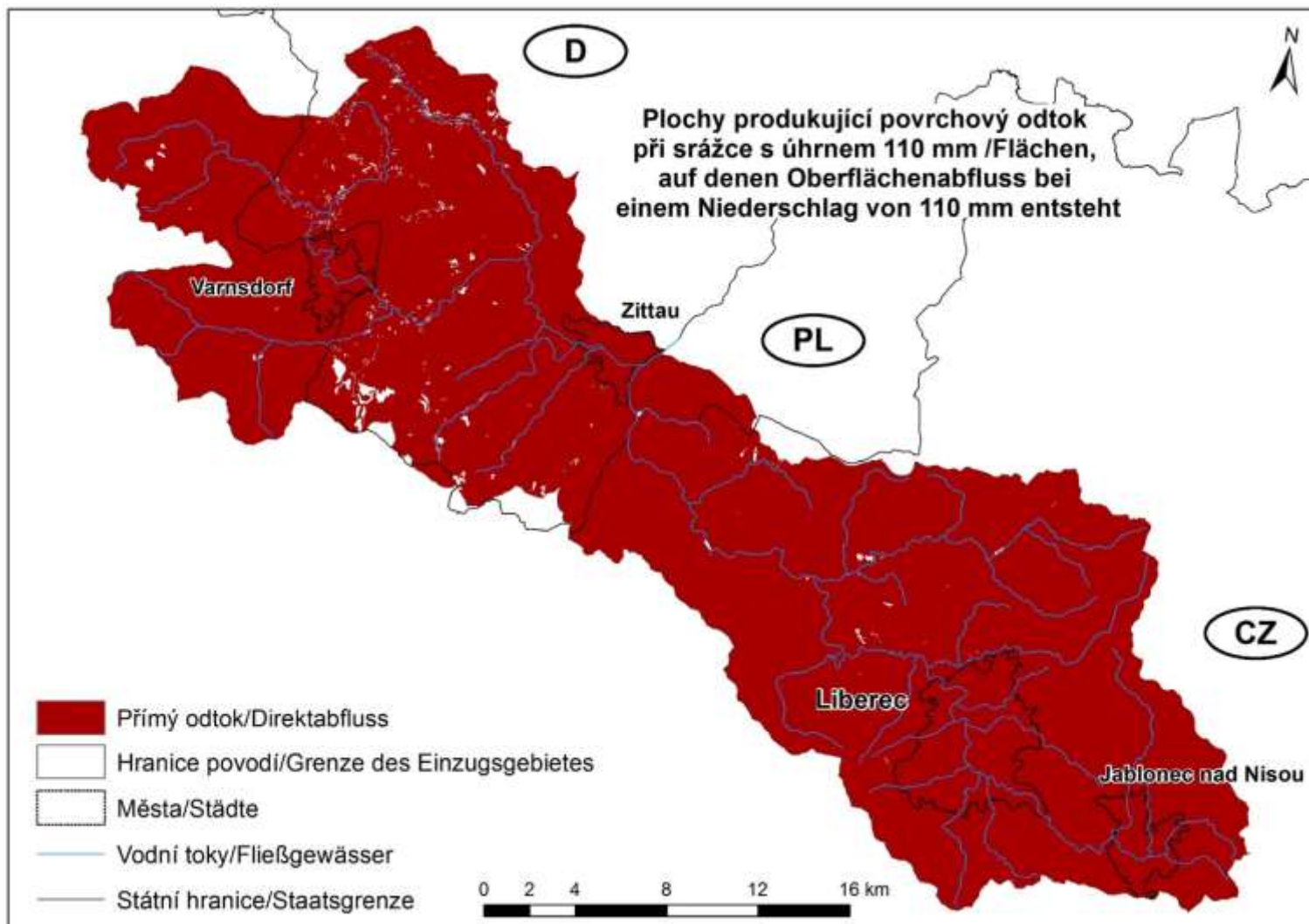




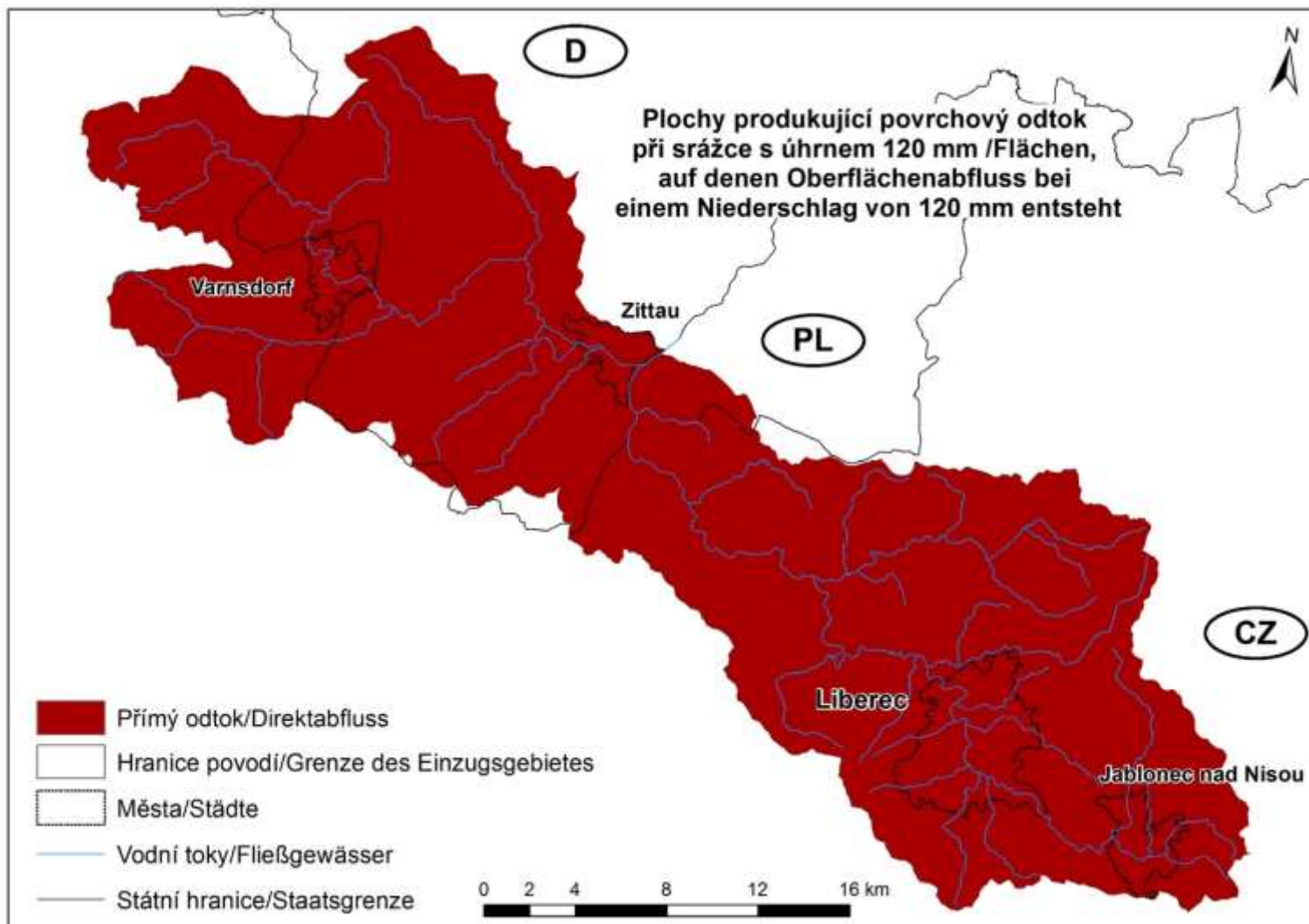












**Masivní povodeň = odtok z celé plochy povodí  
vyvolá v tomto regionu srážka cca 120 mm**

Příklad srážkových epizod během let 2002 – 2010 ve stanici Bedřichov....

<b>datum</b>	<b>úhrn srážky/24 hodin (mm)</b>
14.8.2002	182
7. – 8.8.2006	191
7. – 9.8.2010	260
27. – 29.9.2010	175
21. – 23.7.2011	248
2. – 6.7.2012	126

Masivní povodeň je jevem přirozeným a v těchto podmínkách nevyhnutelným



## Aplikace – **Ohrožení obyvatelstva a vodních zdrojů povrchovým odtokem a transportem erozních splavenin**

Hodnoceno cca 150 000 kritických bodů na území ČR

Klasifikace: **Hrozba x Zranitelnost = Riziko**

5 stupňů

- Zahrnut vliv změny klimatu – (změna srážek a vegetace)
- Zahrnuty 4 scénáře možných jednoduchých opatření – na úrovni pozemku LPIS





# EROZNÍ SMYV

EROZNÍ SMYV - ZVÝŠENÉ RIZIKO OHROŽENÍ OBYVATEL A JAKOSTI VODY V SOUVISLOSTI S OČEKÁVANOU ZMĚNOU KLIMATU

## Parametry výpočtu pro zobrazení mapy

### Posoudit ohrožení

- Erozní smyv
- Eutrofizace

### Pro klimatické podmínky

- Současný klimatický stav
- Výhledový klimatický stav

### Simulovaný scénář

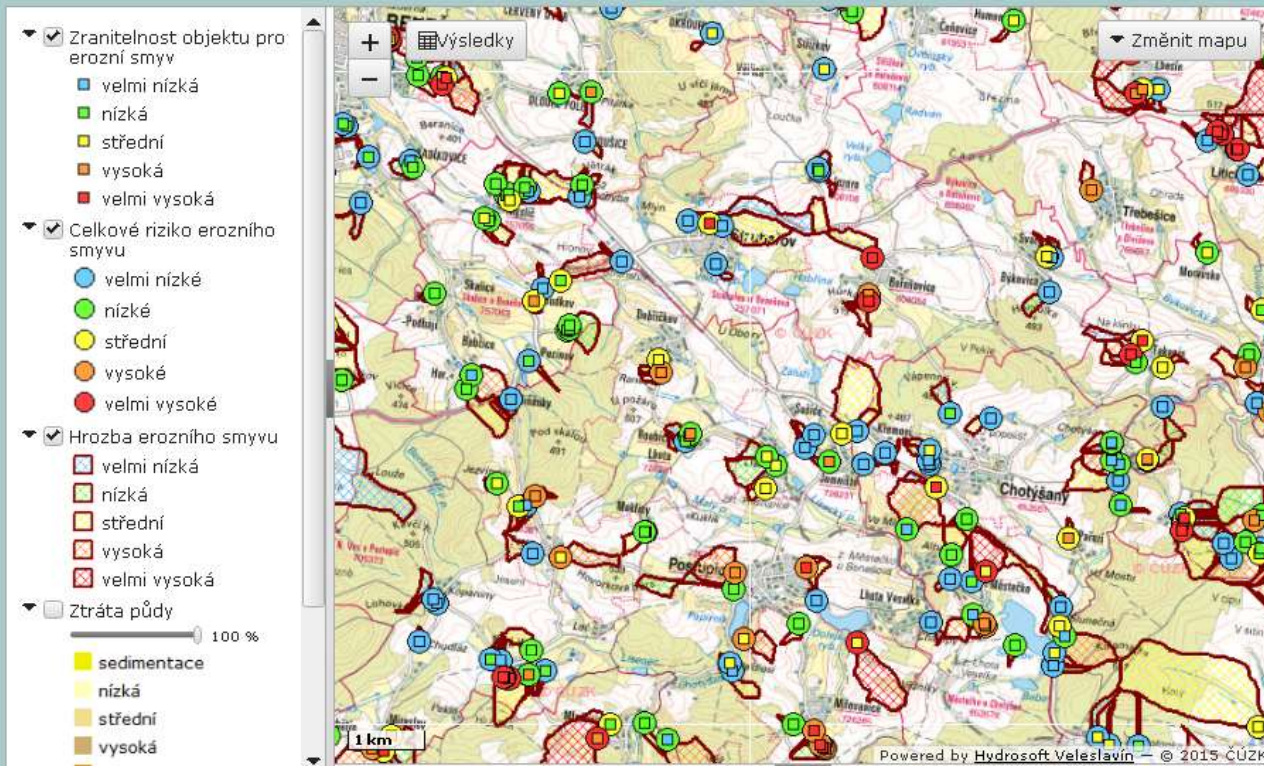
- Bez aplikace opatření
- Změna osevních postupů
- Změna osevních postupů a zpracování půdy
- Trvalé zatravnění
- Technická protierozní opatření

Zpět na výběr zájmového území



Potvrdit výběr a vypočítat

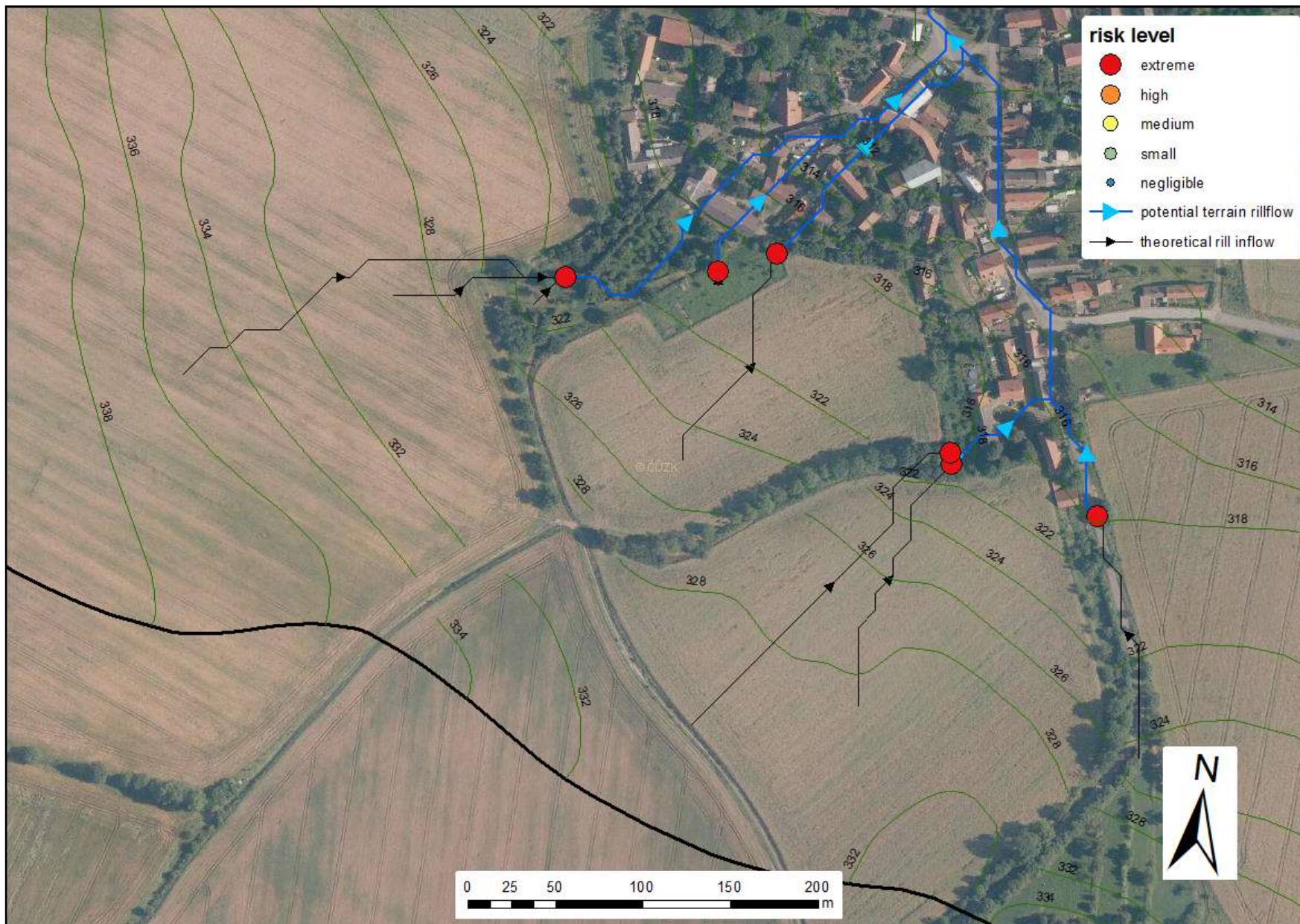
## Riziko erozního smyvu v současných klimatických podmínkách bez aplikace opatření



Vygenerovat mapu

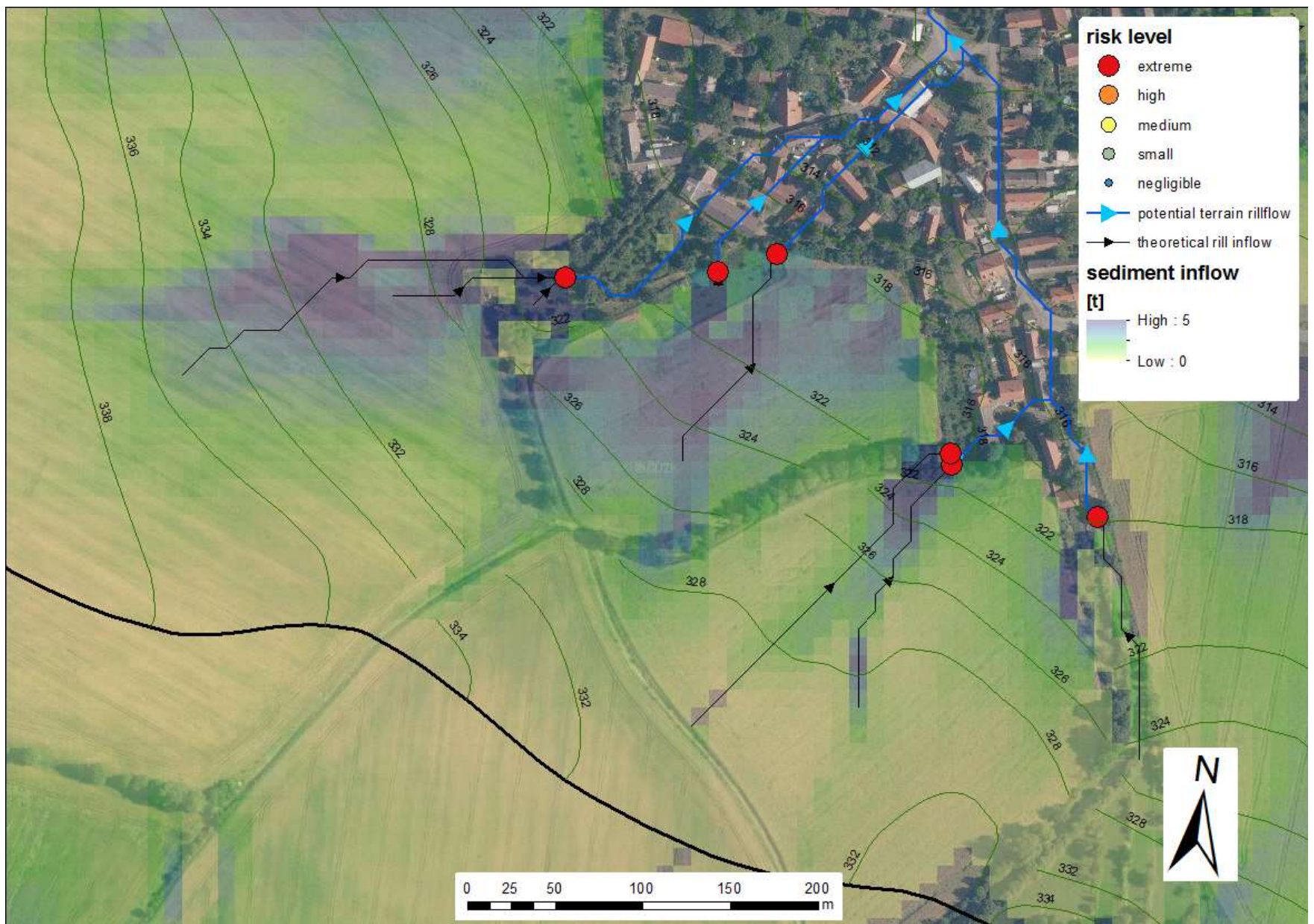
Vygenerovat mapu pro všechny scénáře





**Akumulace odtoku – určení kritických bodů**





Celkový transport erozních splavenin – klasifikace HROZBY



## Retence vody v přirozeném korytě a nivě

„přirozené koryto a niva mají velkou retenci a dokáží povodňovou vlnu zadržet“



**Charakter koryta se uplatňuje jen po jeho kapacitu – dále  
už jen niva**



## Revitalizace vodních toků a jejich niv....

...snaha o **zmenšení průtočného profilu** – vyšší stabilita – povodňové průtoky vybřeží...

V takovém případě hraje **mnohem větší roli stav inundace....**

Na studiu procesů v inundaci je možno dobře popsat princip a kapacitu retence....



Retenční a transformační kapacita niv zahrnuje procesy:

- **pasivní retence v depresích** – hypotéza: vysoký efekt v přírodních nivách s tůněmi a mrtvými rameny
- **retenci v půdním profilu** – hypotéza: písčité sedimenty s vysokou hydraulickou vodivostí a retenční kapacitou
- **retenci a transformaci povodňové vlny v inundaci** – hypotéza: extenzivně využívané nebo ladem ležící nivy s vysokou drsností, široké, ploché



Porovnání tří pilotních lokalit – úseky niv různých typů a využití – délka cca 6 – 8 km každá:

**Horní Lužnice – zcela přirozená**

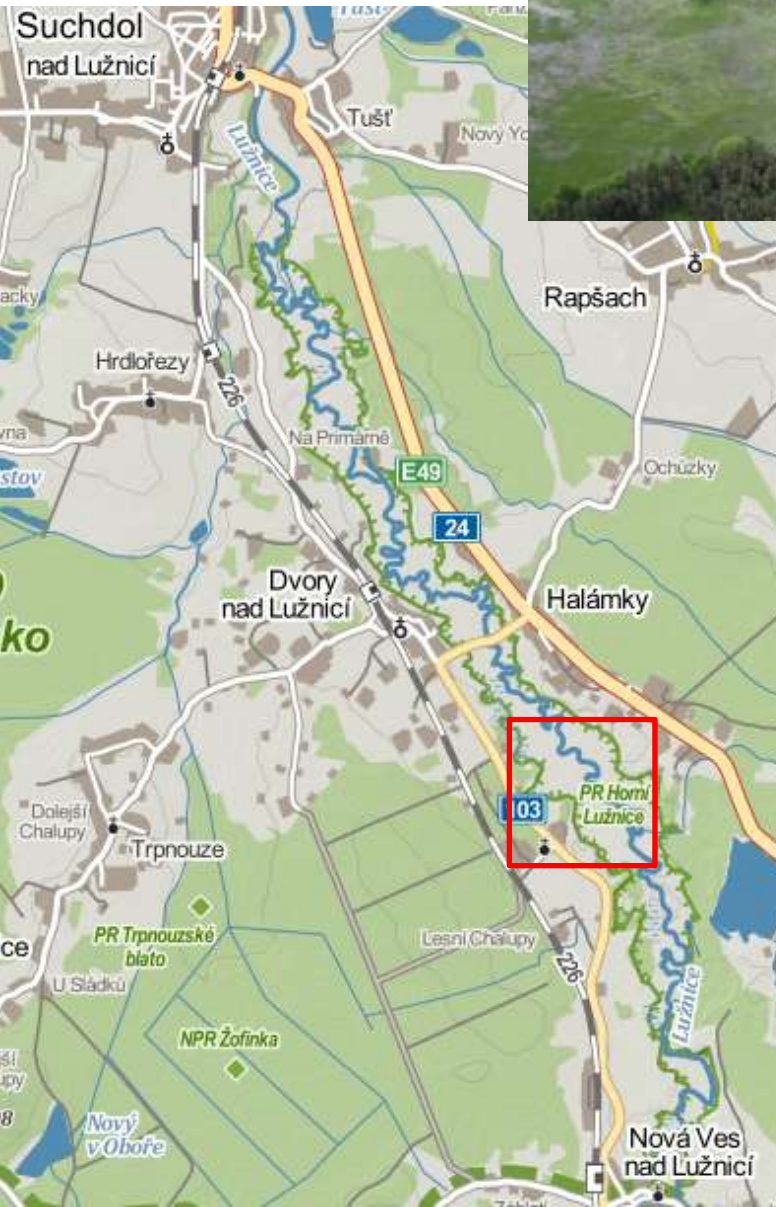
**Stropnice – extenzivní zemědělství**

**Blanice – intenzivní zemědělství**

**Výsledky lze částečně generalizovat**

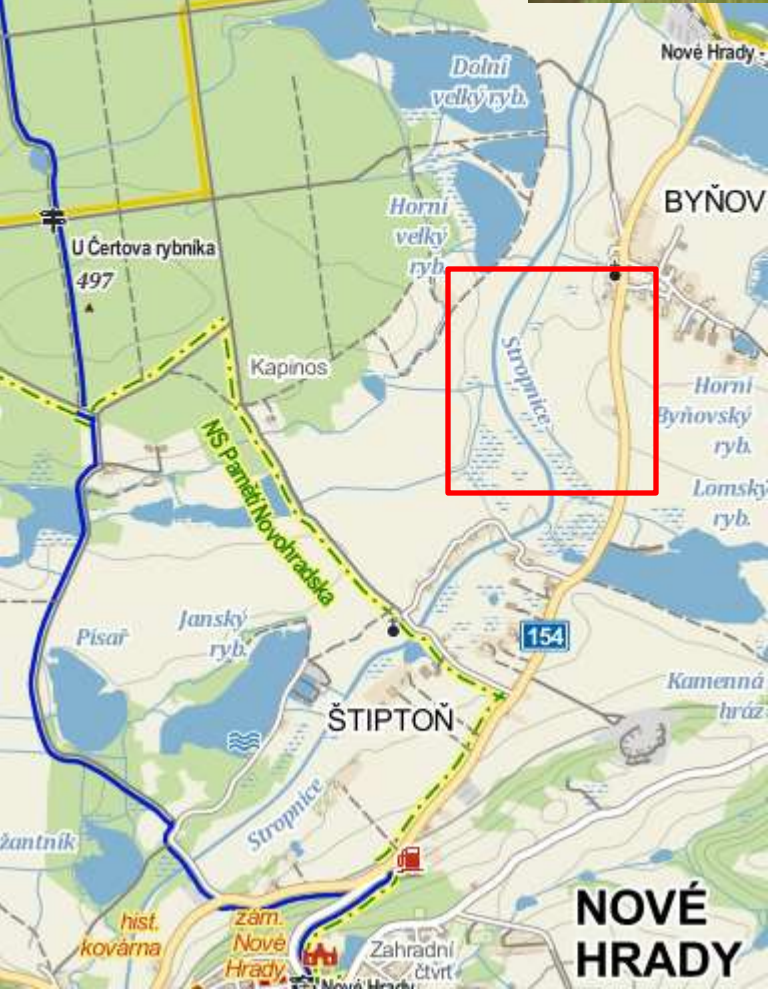
*(Weyskrabová a kol., 2013)*

# Horní Lužnice – zcela přirozená

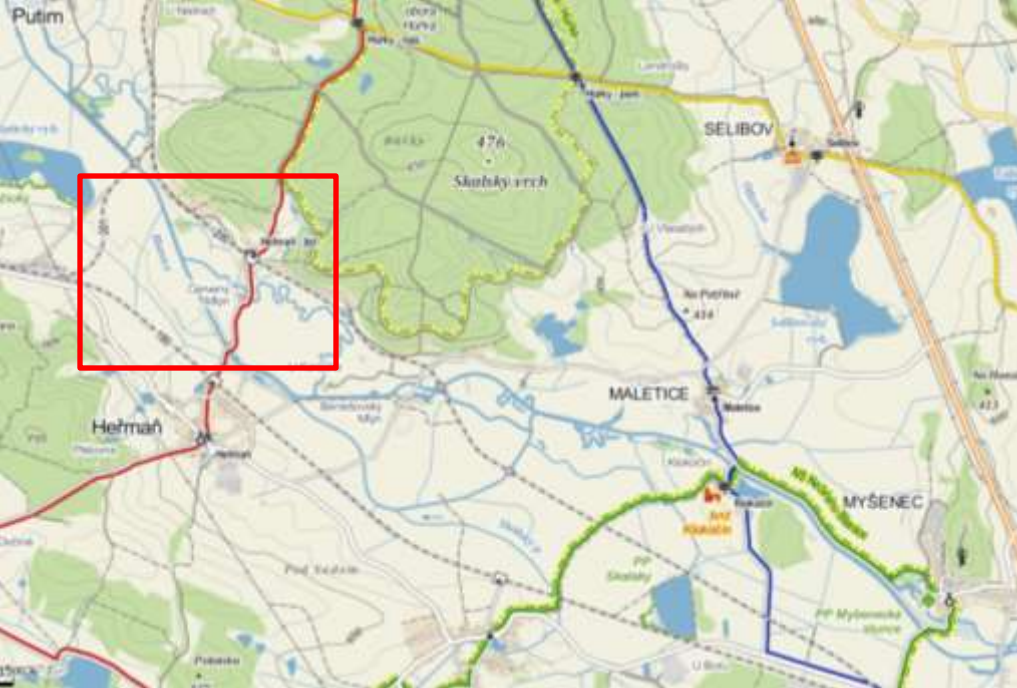




# Stropnice – extenzivní zemědělství



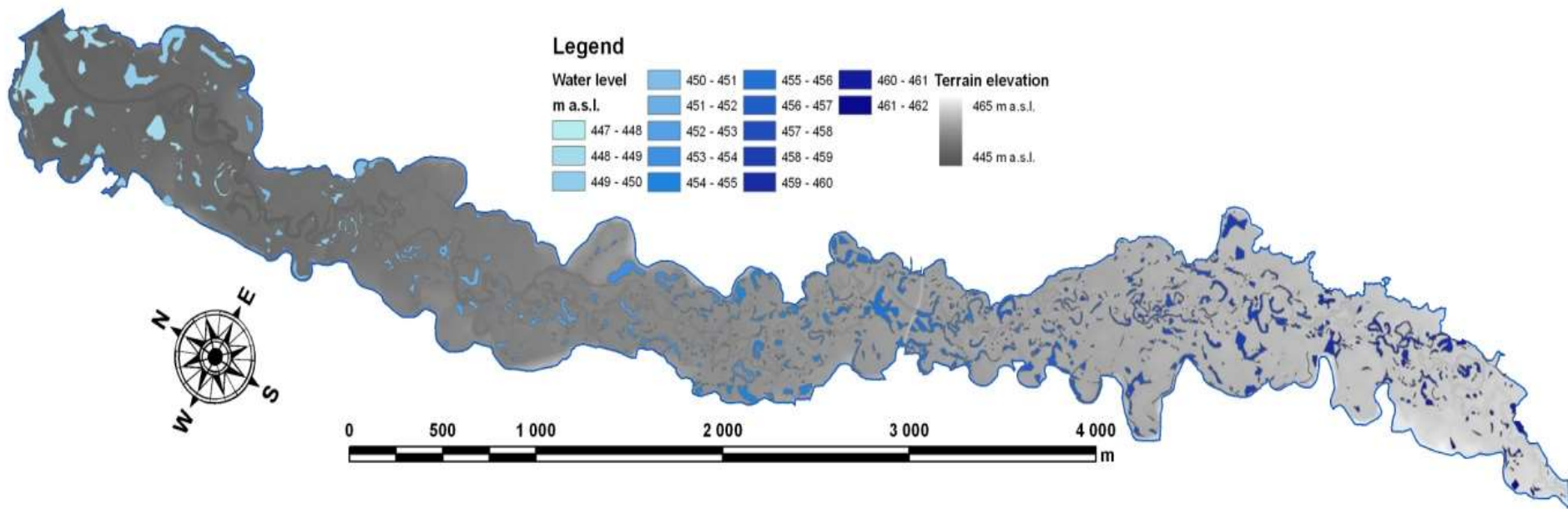




## Blanice – intenzivní zemědělství







Finální mapa pasivního retenčního prostoru v nivě Lužnice  
(přirozená niva, extenzivní LU, heterogenní morfologie)



## VÝSLEDKY – pasivní retenční kapacita

- má smysl jen v morfologicky heterogenním nivách
- v přirozených nivách – nevyužívaných – hladina vody je vysoko – dostupný objem je malý
- dostupný retenční prostor představuje cca 0.5 % objemu povodňové vlny ( $V_{20}$  na 10 km délky nivy)



## VÝSLEDKY – zadržení vody v půdě

- půdy v přirozených (nevyužívaných) nivách jsou mimořádně heterogenní v porovnání s půdami pravidelně obdělávanými v intenzivních oblastech
- hydraulická vodivost v přirozených půdách silně kolísá díky jílovým proplástkům
- hladina podzemní vody je v přirozených nivách zpravidla velmi vysoko, zatímco v intenzivních oblastech je uměle snížena – dostupný retenční prostor je proto v přírodních nivách malý
- na základě matematického i fyzikálního modelování se retenční kapacita půd v nivách pohybuje od **0,5 % objemu povodňové vlny ( $V_{20}$ ) pro přirozené nivy** po **10 % objemu povodňové vlny ( $V_{20}$ ) pro intenzivně obdělávané nivy** na 10 km délky.



## Transformační a retenční efekt koryta a nivy

- tři velmi odlišné charakteristické typy nivy – z hlediska LU a koryta
- scénáře:
  - současný stav
  - extenzivní využití
  - intenzivní využití
  - zalesnění
  - vybudování příčných hrázek – posílení retence nivy



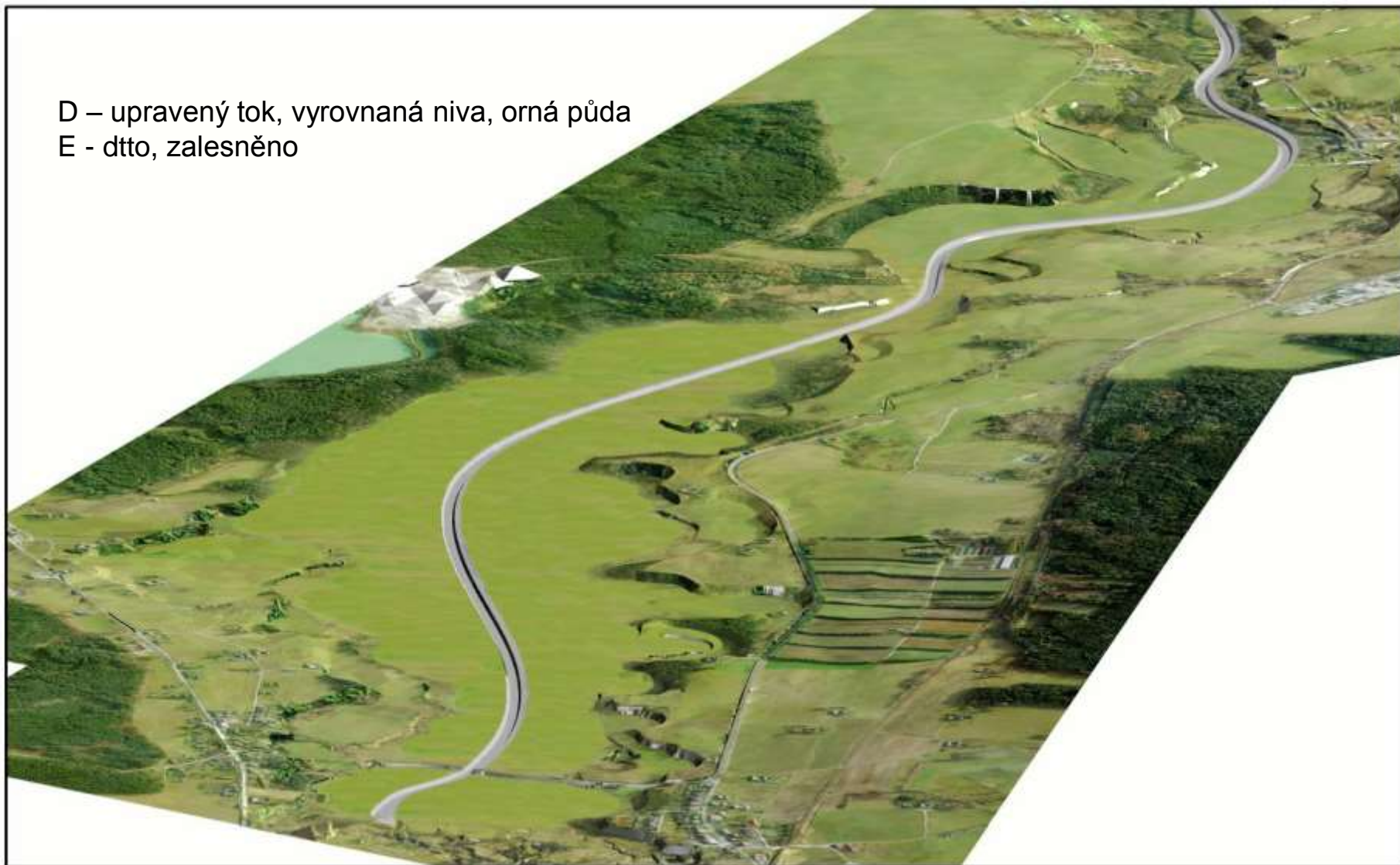
Vizualizace současného stavu přirozené nivy Lužnice



## Modelované scénáře

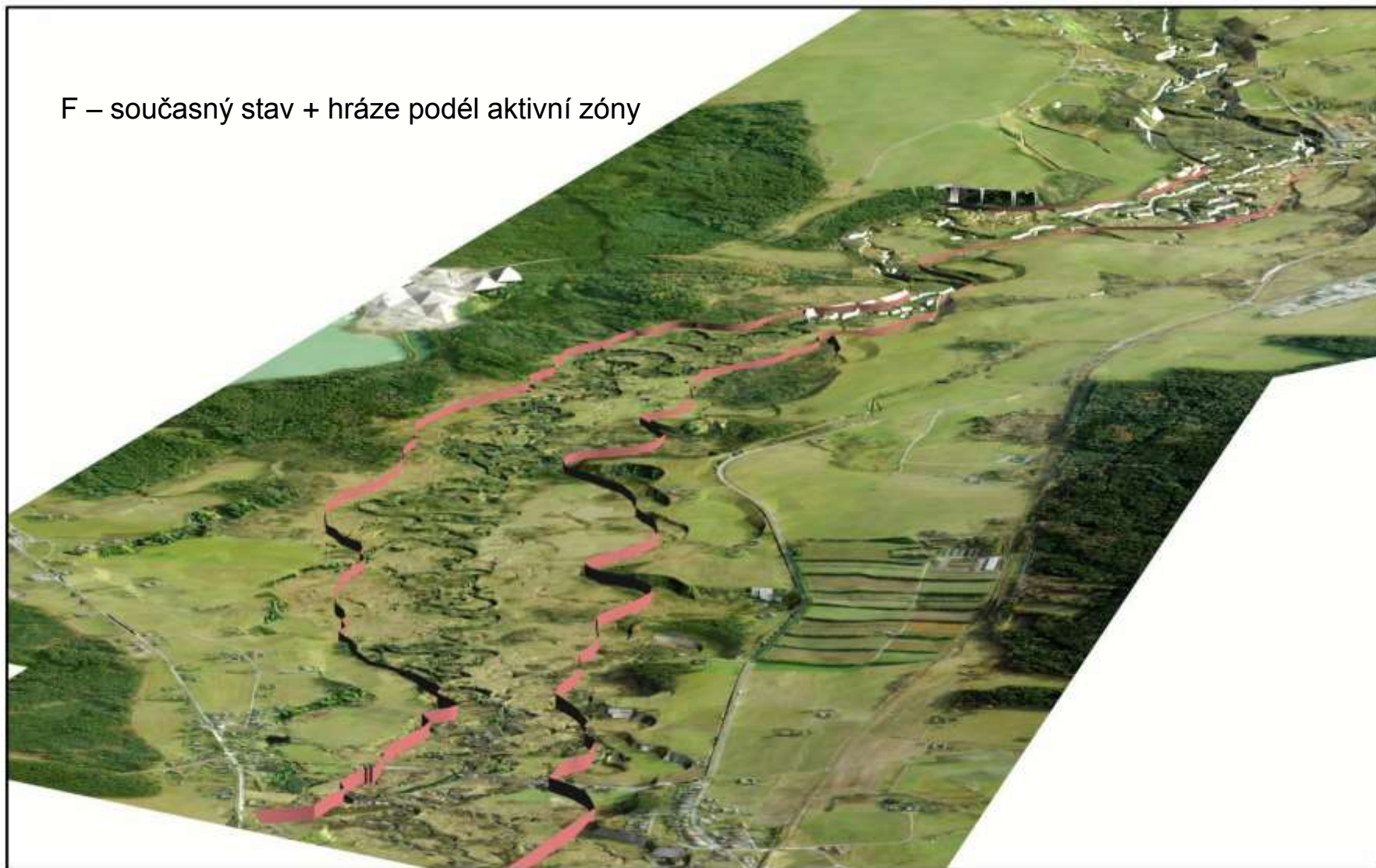
D – upravený tok, vyrovnaná niva, orná půda

E - dtto, zalesněno



## Modelované scénáře

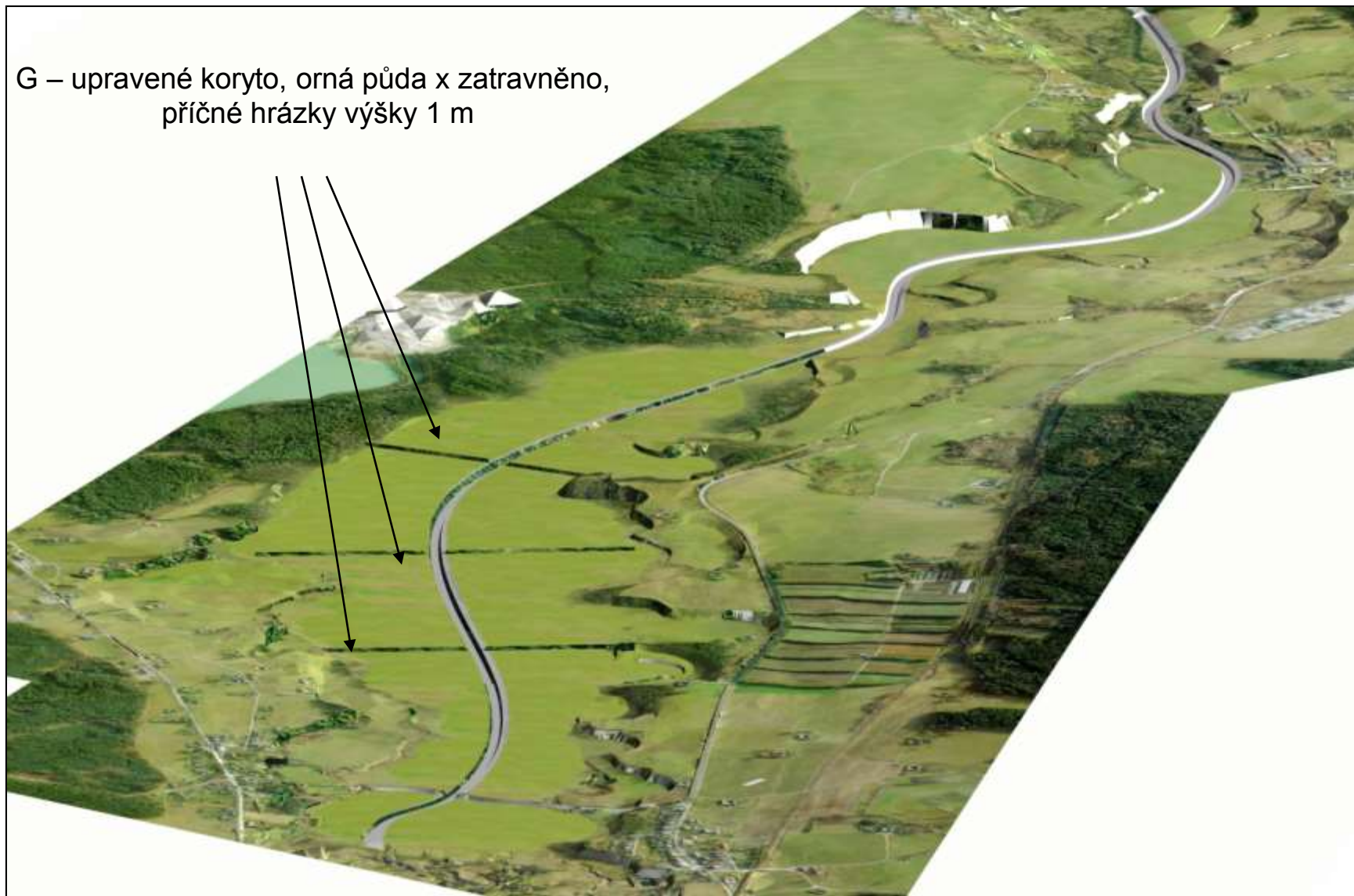
F – současný stav + hráze podél aktivní zóny





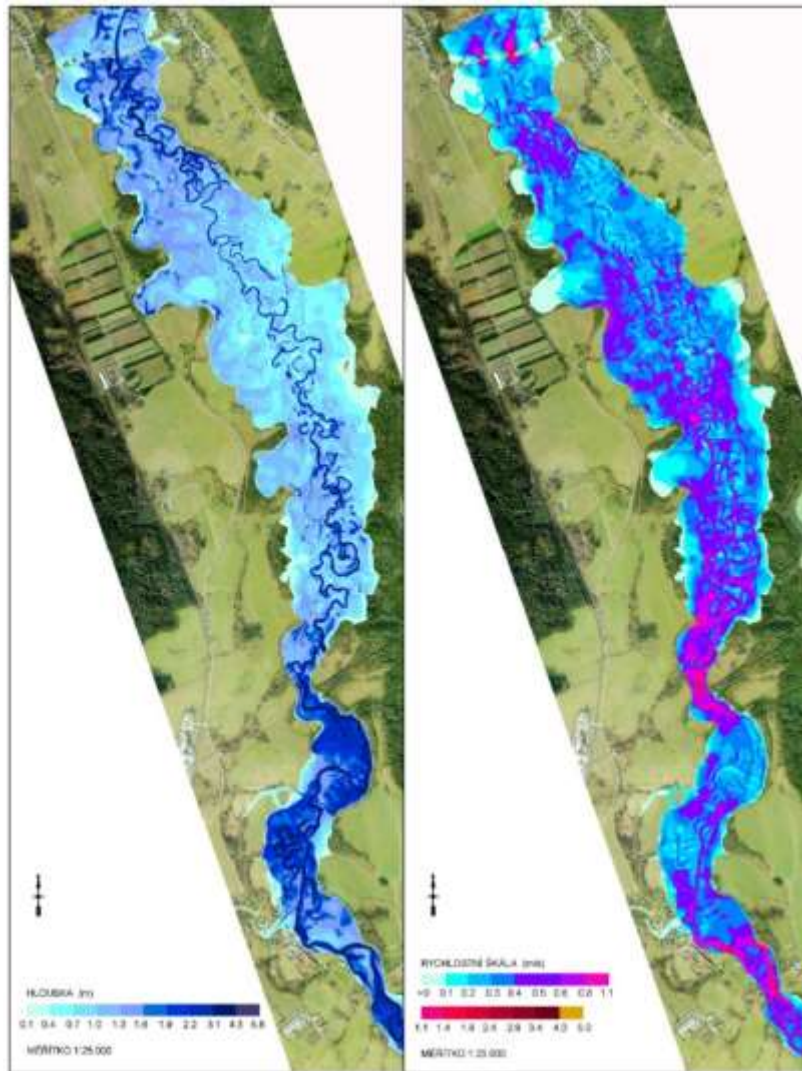
## Modelované scénáře

G – upravené koryto, orná půda x zatravněno,  
příčné hrázky výšky 1 m

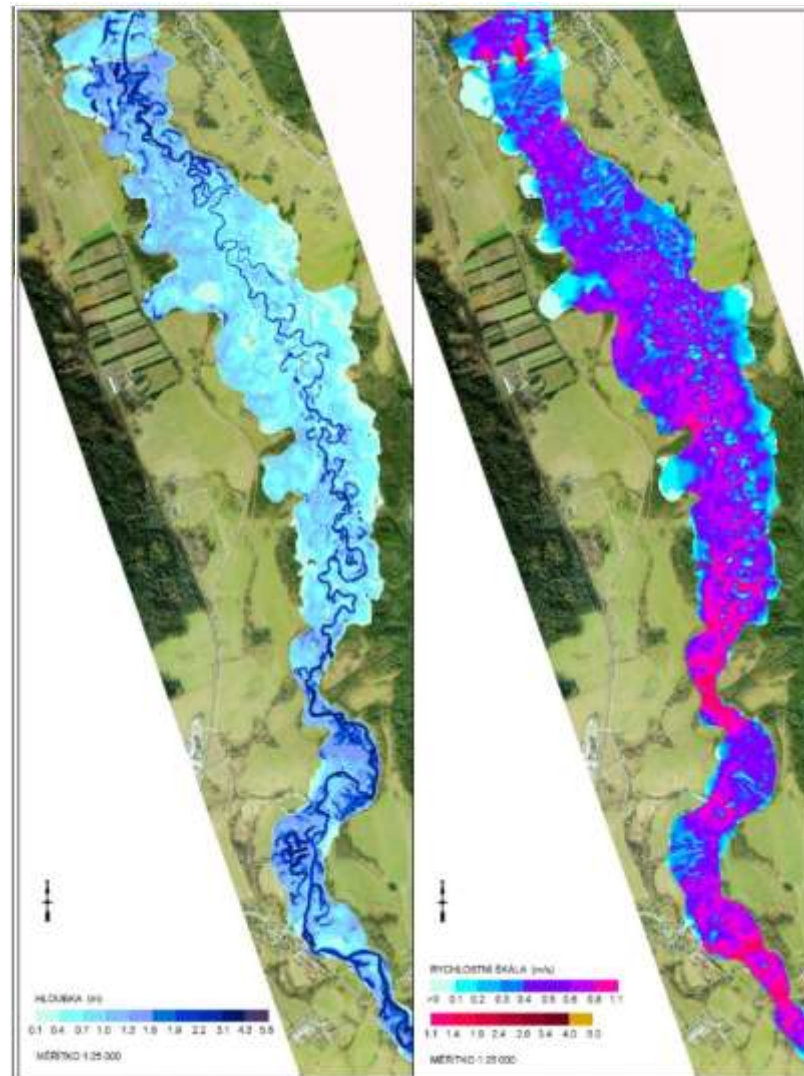


## Vyhodnocení hloubek vody a rychlostí pro jednotlivé scénáře

A – současný stav



B – současný, zalesněná

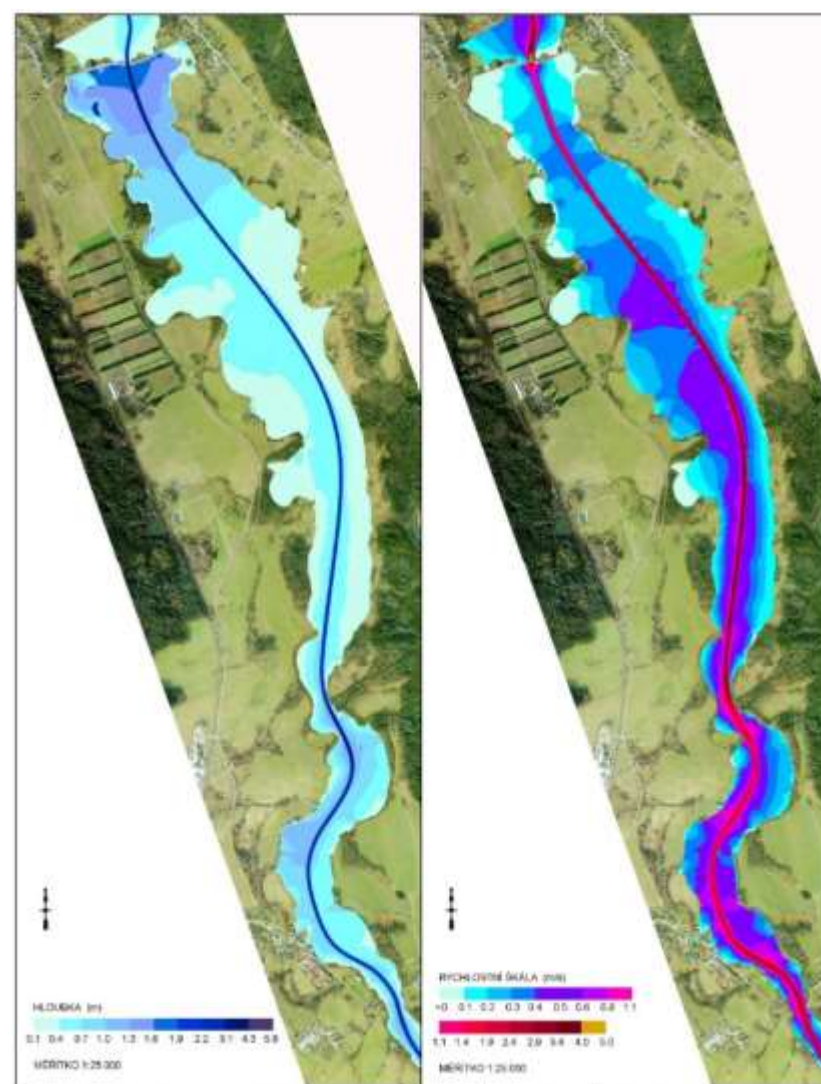
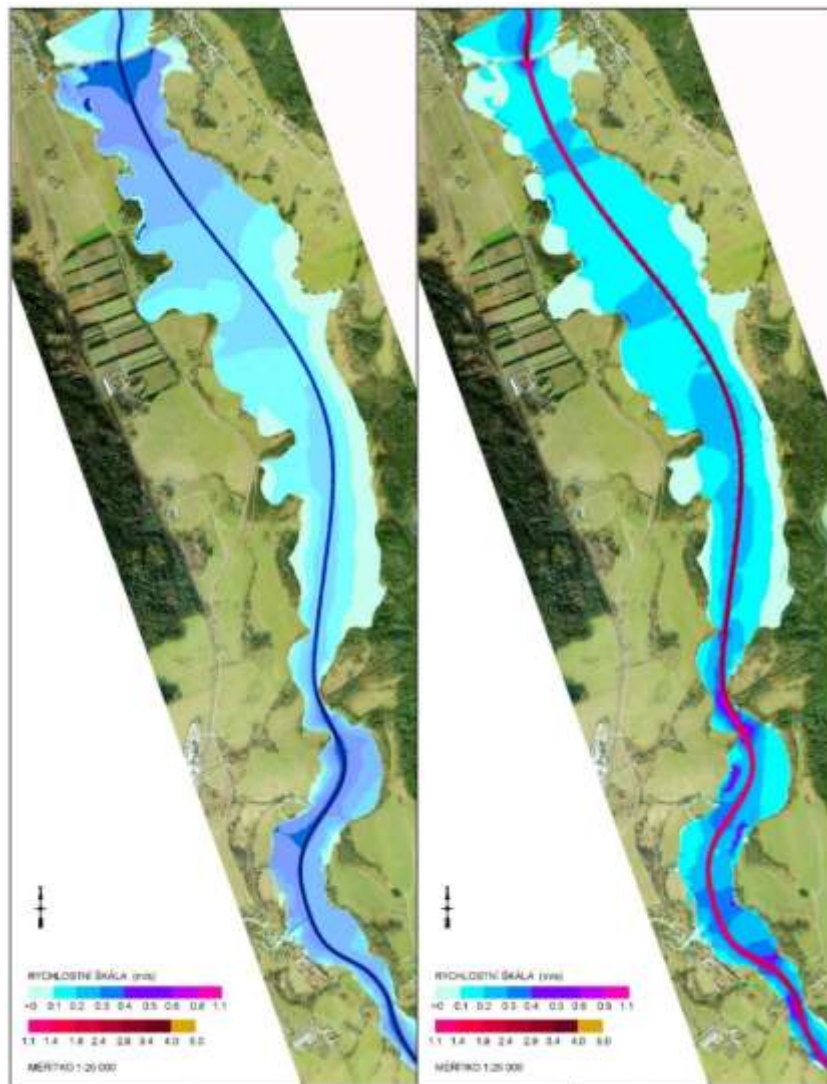




## Vyhodnocení hloubek vody a rychlostí pro jednotlivé scénáře

A – ~~společně~~ stalesně

D – upravený, orná





### 3D vizualizace $Q_5$



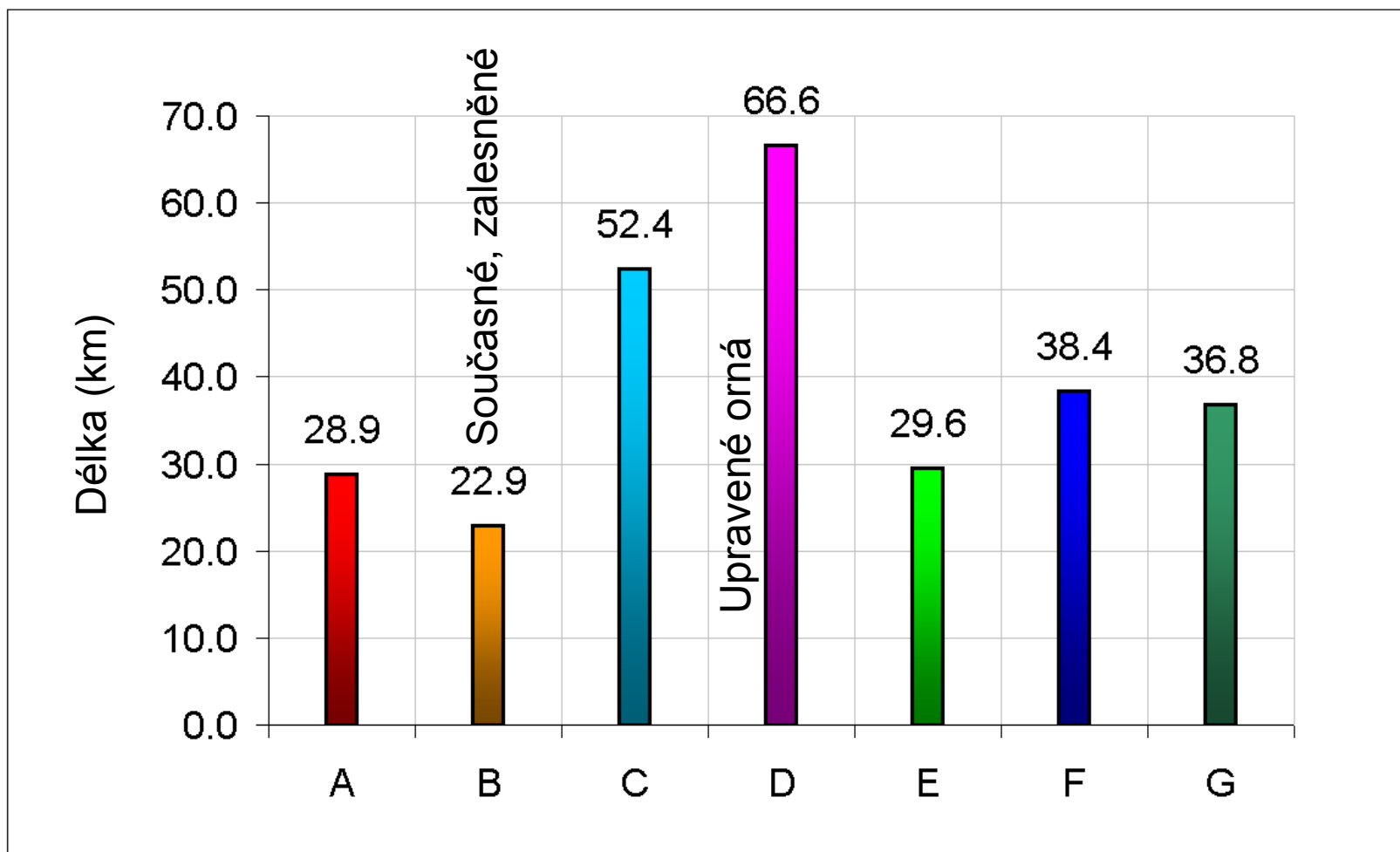


Modelované schéma revitalizace upraveného toku - STROPNICE



## Transformace povodňové vlny

Efektivita – nutná délka úseku pro transformaci  $Q_{100}$  na  $Q_{50}$  – příklad LUŽNICE





## VÝSLEDKY

- významný efekt mají široké, ploché nivy
- nejvýznamnější faktor je drsnost povrchu v nivě – způsob jejího využití
- potenciál je ve snížení kulminačních průtoků, nikoliv ve snížení objemu = zadržení vody
- obecně lze očekávat snížení kulminačních průtoků cca o **7 %** a **časový posun kulminace vlny 10 hod./10 km délky nivy – v případě zcela přirozených niv**



# ZÁVĚRY

**Žádné opatření neřeší PPO ani retenci samo o sobě**

**Nezbytné stanovit priority pro danou oblast – (ochrana přírody x průmysl, ...)**

**Opatření v krajině mají zásadní důležitost u srážek s dobou opakování cca 20 let, u významnějších roste nutnost kombinace s dalšími typy**

**Zásadním požadavkem je omezení výstavby v nivách a jejich ochrana (retence, minimalizace škod)**

**Ne vždy lze nivu převést na přirozenou – ekonomické ztráty, vlastnické vztahy, plávi, ...**

**Pro kvantifikaci komplexního benefitu lze využít institut „ekologických služeb“**





# SHRNUTÍ

## do srážky 20-ti leté

- mají smysl změny kultur,..... ochrana povodí

## srážky vyšší

- technická opatření (hráze, poldry, zkapacitnění koryt)
- podstoupení rizika (neobhajitelné v případě zdraví a životů) na základě ekonomického vyhodnocení
- zachování volného prostoru (inundace)



## První krok:

**změny v povodí** – význam z hlediska „každodenních problémů“, neřeší katastrofické situace

**Nutno uvážit ekonomické dopady pro farmáře,  
region....**



## **Druhý krok:**

### **Revitalizace toků a nivy**

**Význam koryt končí s jejich kapacitou, dále jen význam nivy....**

**Efekt – spíše časový posun než výrazné snížení kulminace**



## Třetí krok:

**Rozvaha o nutnosti ochrany....**

**Návrh organizačních a technických opatření v nivě a na toku...**





# Organizační opatření

**Udržet volnou nivu**

**Brát v úvahu zpětné vzduť nad mostky, objekty a ploty**

**Zásadní vliv má profil nivy**



Zastavování inundací – most přes nivu Ohře



2002 – zahrádkářská kolonie bez plotů a bez chatek...





# Technická opatření

**Zkapacitnění koryta**

**Hrázky**

**Poldry a vodní nádrže**

**Efekt mají, pokud jsou suché, nebo je hladina významně snížena...**

**Pokud jsou vhodně navrženy, mohou mít pozitivní ekologický efekt**

**V určitých situacích mohou být jediným řešením...**



Poldr nemusí v krajině působit rušivě....





Malé trvalé nadržení může zvýšit diverzitu a vytvořit žádaný mokřadní biotop



## ***v obci:***

- **hrázkování toku (podezdívky plotů, zídky podél toku ...)**
- **zvýšení kapacity koryta**
- **prevence – kapacita a bezpečnost mostků**





## ***vodní nádrže***

malé x velké vodní nádrže

ovladatelný x neovladatelný prostor

**objem ???**

***povodí***: 2 km<sup>2</sup>, srážka 20 mm, odtokový součinitel 50 % = 20 000 m<sup>3</sup>

***vodní nádrž***: 2 ha (200 x 100 m), hloubka u hráze: 3 m ( $V = 1/3 F H$ )

**objemy pro zachycení jsou obrovské !!!!**





je-li nádrž na provozní hladině (koruna přelivu) je význam zanedbatelný

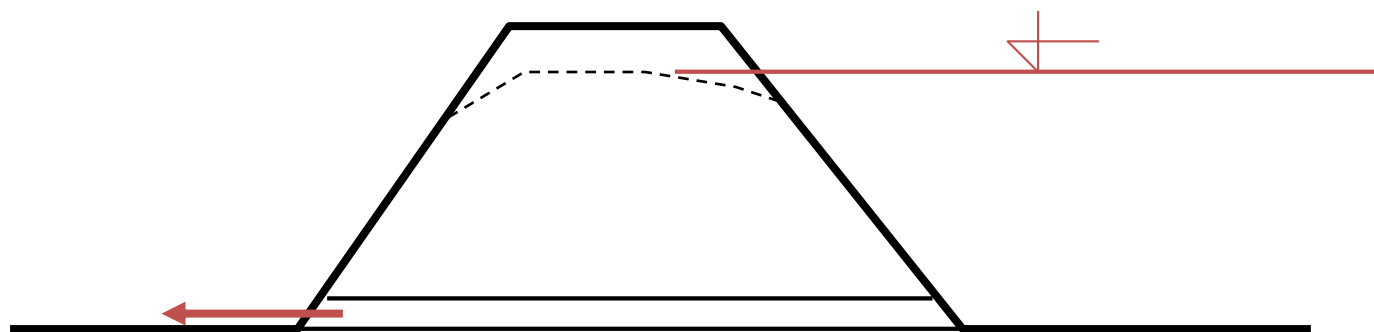
větší význam mají Suché nádrže x Poldry

Suchá nádrž = průtočná, bezpečnostní přeliv

Poldr = boční, většinou bez BP

důležité hledisko: **objem** !!!!

## princip suché nádrže:



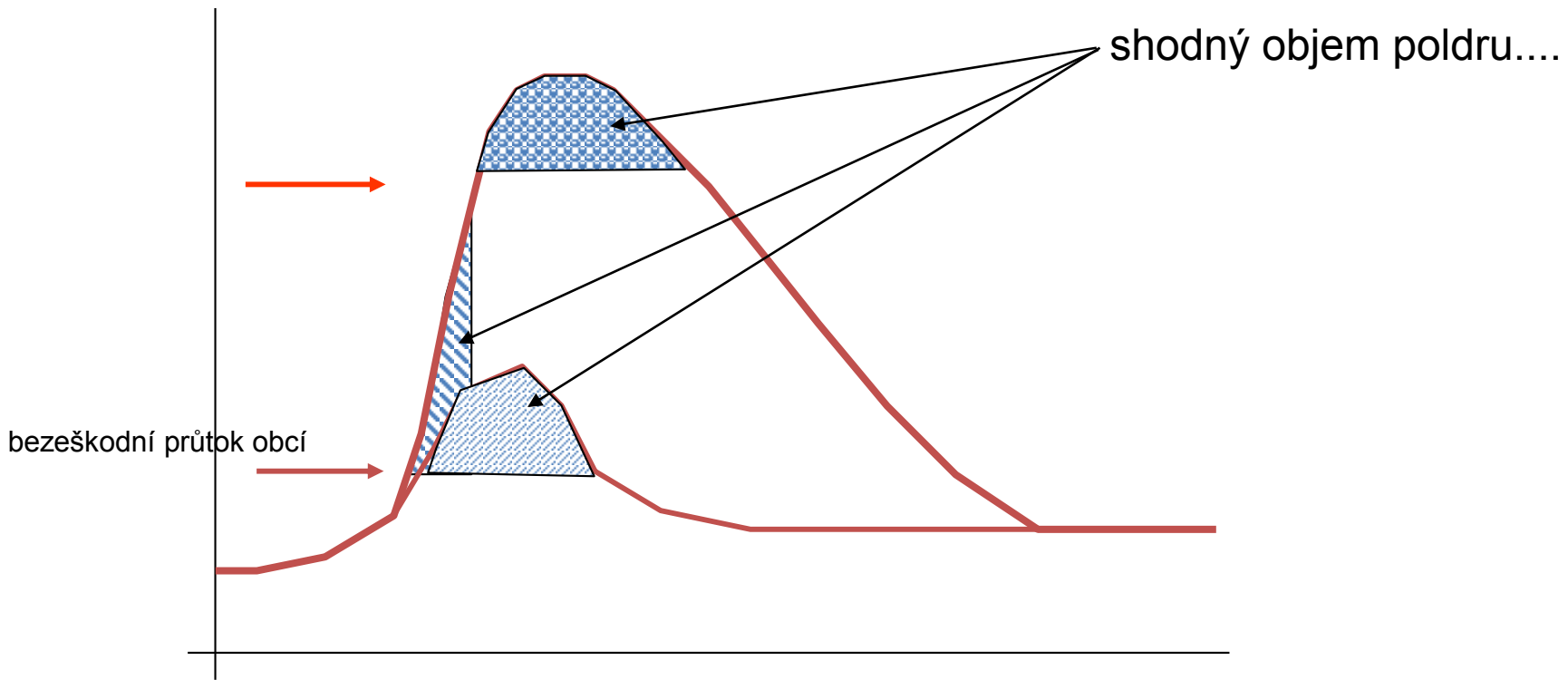
dimenzováno na neškodný průtok

průtok vyšší je vzdouván .... až po  $H_{\max}$

další odtok přes BP

**malý odpad** – poldr je ve funkci často, chrání na menší povodně, při větší je zaplněn

**velký odpad** – malé povodně projdou bez transformace, velké jsou zachyceny, stavba funguje jen zřídka ....





## SHRNUTÍ – proč je retence vody důležitá ???

- Prevence před povodněmi
- Prevence před suchem
- Dotace podzemních vod – vodu, která povrchově odtéká nemohu v budoucnu využít.... (zásoby podzemní vody)





## SHRNUTÍ – co je možno v krajině x obcích dělat pro podporu retence krajiny

- Krajina
  - Diverzifikace, zvýšení podílu TTP, půdoochranné zemědělské technologie, péče o půdu obecně
  - Udržení vysokého podílu lesa
  - Revitalizace nejen toků, ale i jejich niv
  - Extenzifikace niv a zvyšování povrchové drsnosti
- Vodní toky
  - Revitalizace
  - Výstavba vodních nádrží x poldrů x suchých nádrží
  - Protipovodňové hráze – odsazené od toku
- Obce
  - Ponechat volnou nivu pro průchod povodně
  - Pečlivé plánování objektů na toku
  - Lokální ochrana objektů (podezdívky plotů, hrázky, úprava objektů)



**Děkuji za pozornost**

**a přeji hezký den ....**