



Odtokové poměry a povodňová ohroženost

Dostál Tomáš

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



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 km² 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....



Štěrk nanesený na louku po výrazných srážkách (Rakousko, Hochschwab, 2007)

Povodí Polečnice....



využití	%
lesy	49%
TTP	29%
vojenský újezd-lada	11%
orná	8%
intravilán	2%

Způsob využití krajiny je v podstatě ideální....

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

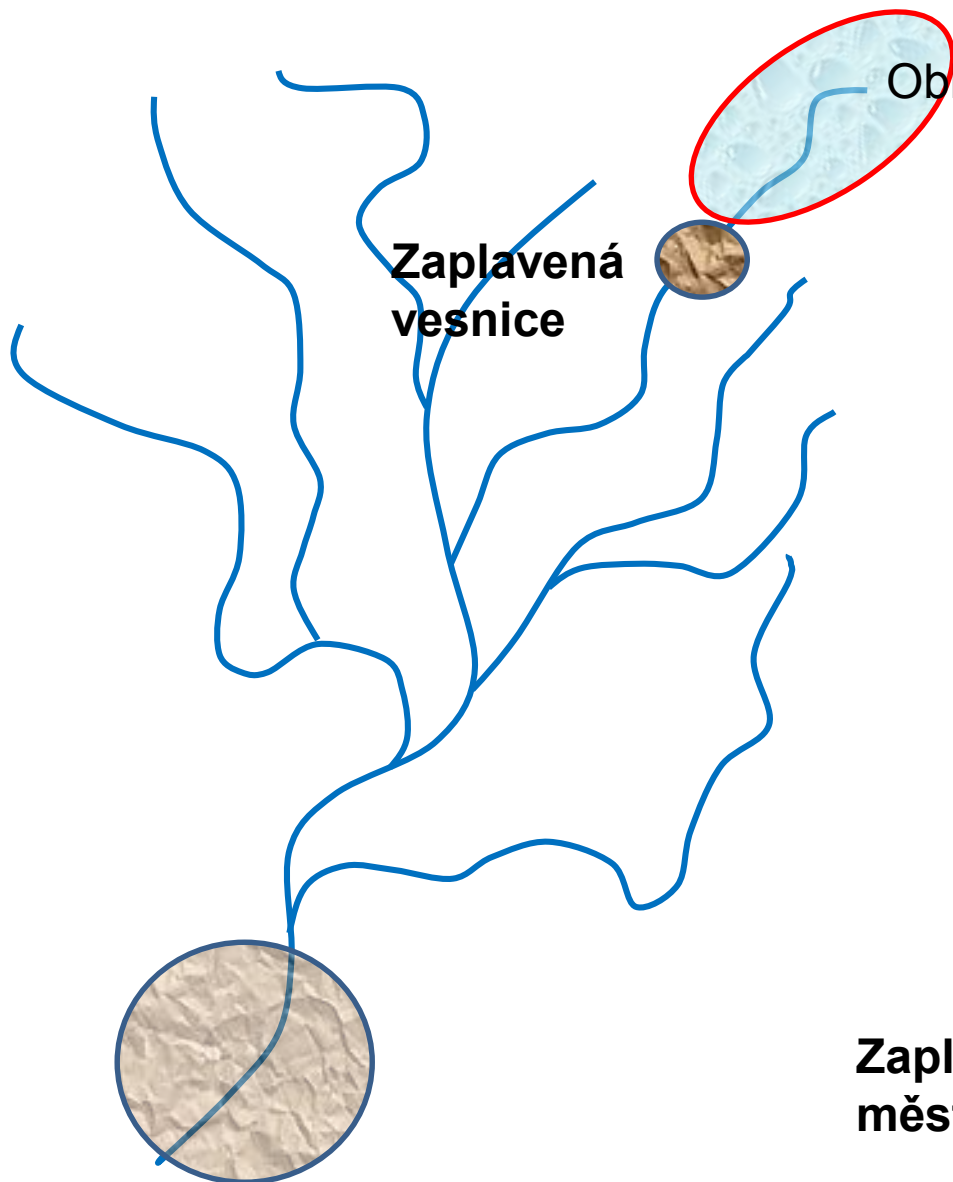


Standardní povodně – způsobené srážkou:

Vznik povodně – zákonitý proces

Malé povodí – přívalová srážka (bouřka)

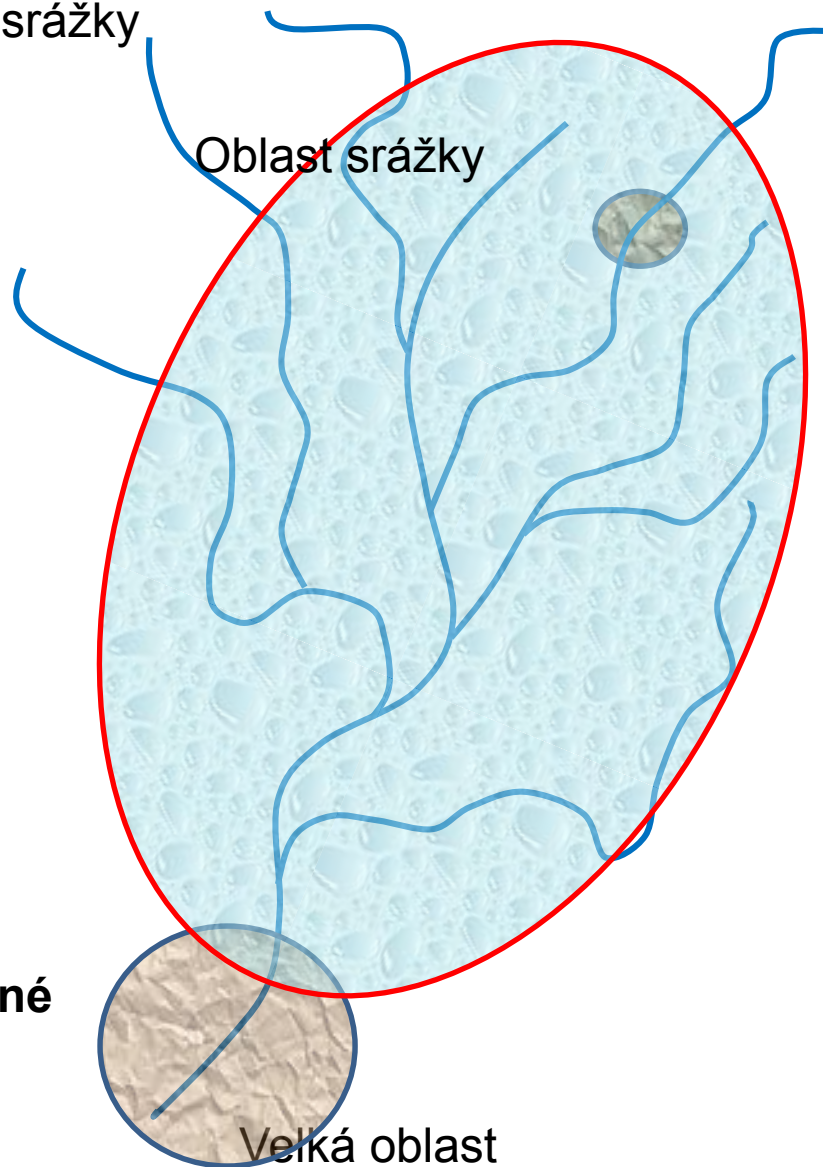
**Velké povodí – regionální meteorologická situace,
tání sněhu**



**Zaplavená
vesnice**

Oblast srážky

Malá plocha
Vysoká intenzita
Lokální problém

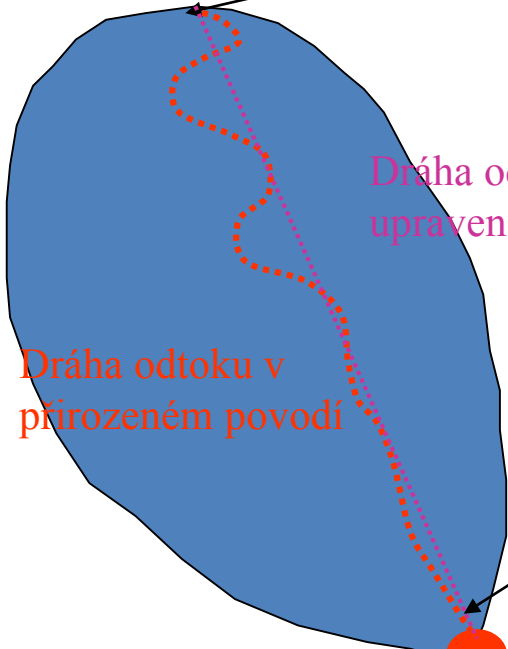


Oblast srážky

**Zaplavené
město**

Velká oblast
Nižší intenzita
Regionální problém

*Bod nejvzdálenější
od uzávěrového*



*Dráha odtoku v
upraveném povodí*

*Dráha odtoku v
přirozeném povodí*

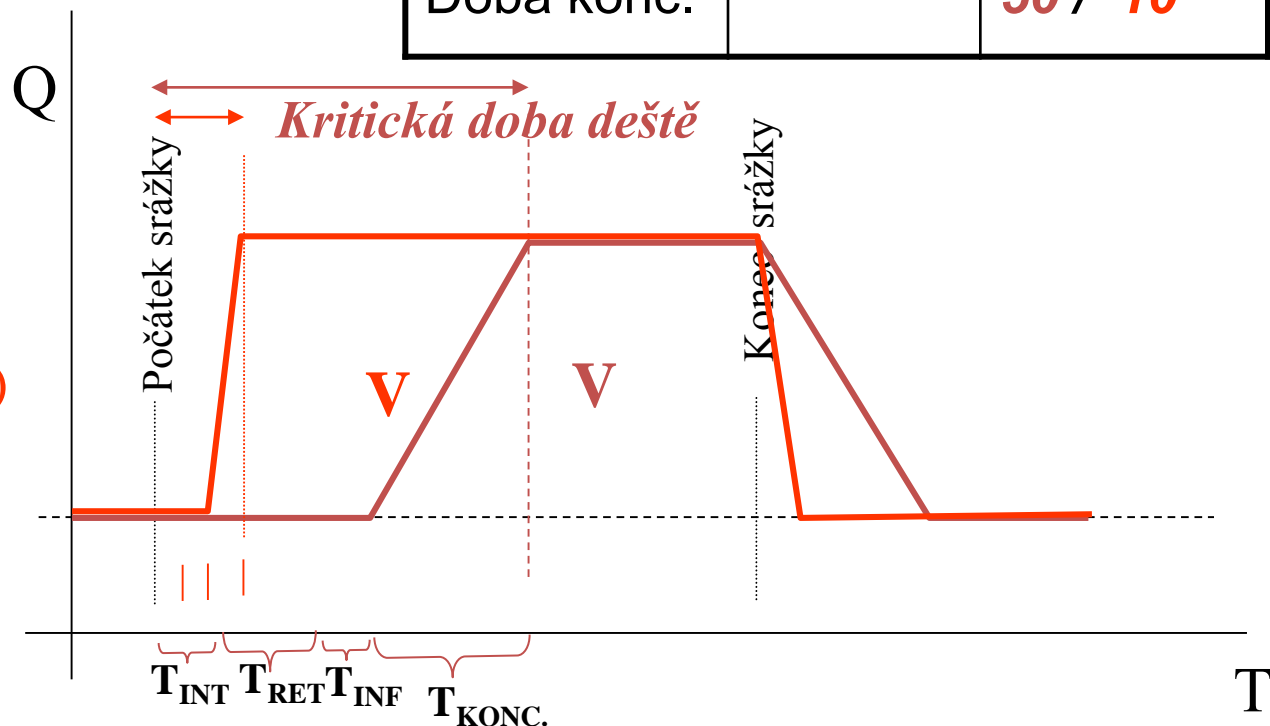
*Bod nejbližší
uzávěrovému*

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
	15 / 2	75 / 10
Doba konc.		50 / 10

Doba koncentrace T
(čas odtoku z nejvzd. místa)

Děšť konst. intenzity,
různé doby trvání



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



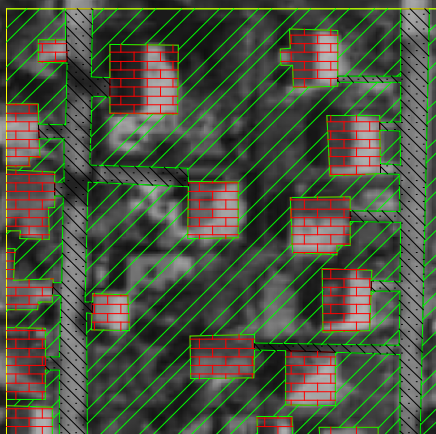
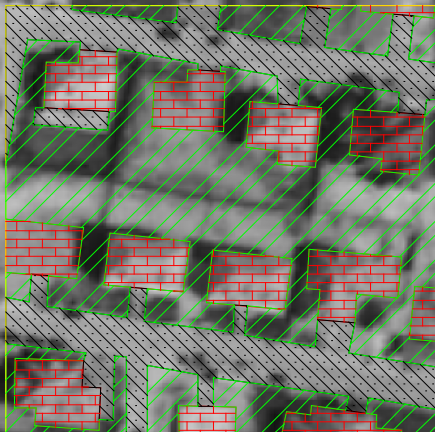
satelit – velké domky na malých parcelách



Zvýšení podílu zpevněných ploch v nové zástavbě

nová zástavba	plocha (m ²)	CN
zpevněné plochy	4888	98
zeleně	5112	65
celkem	10000	81,1

stará zástavba	plocha (m ²)	CN
zpevněné plochy	3584	98
zeleně	6413	65
celkem	9997	77,0





- **nárůst objemu odtoku pro povodí Botiče – 100 km²:**
 - **1990 – 2004 o 50 %**
 - **2004 – 2010 o více než 100 %**
- **jen při plánovaném zastavění**
- **zástavba ve skutečnosti podstatně rozsáhlejší**
- **hustší zástavba – zastavěno až 70 % výměry parcely**
- **snížení dotace podzemních vod**
- **retenční nádrže staví jen komerční zóna**



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, ...**

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....

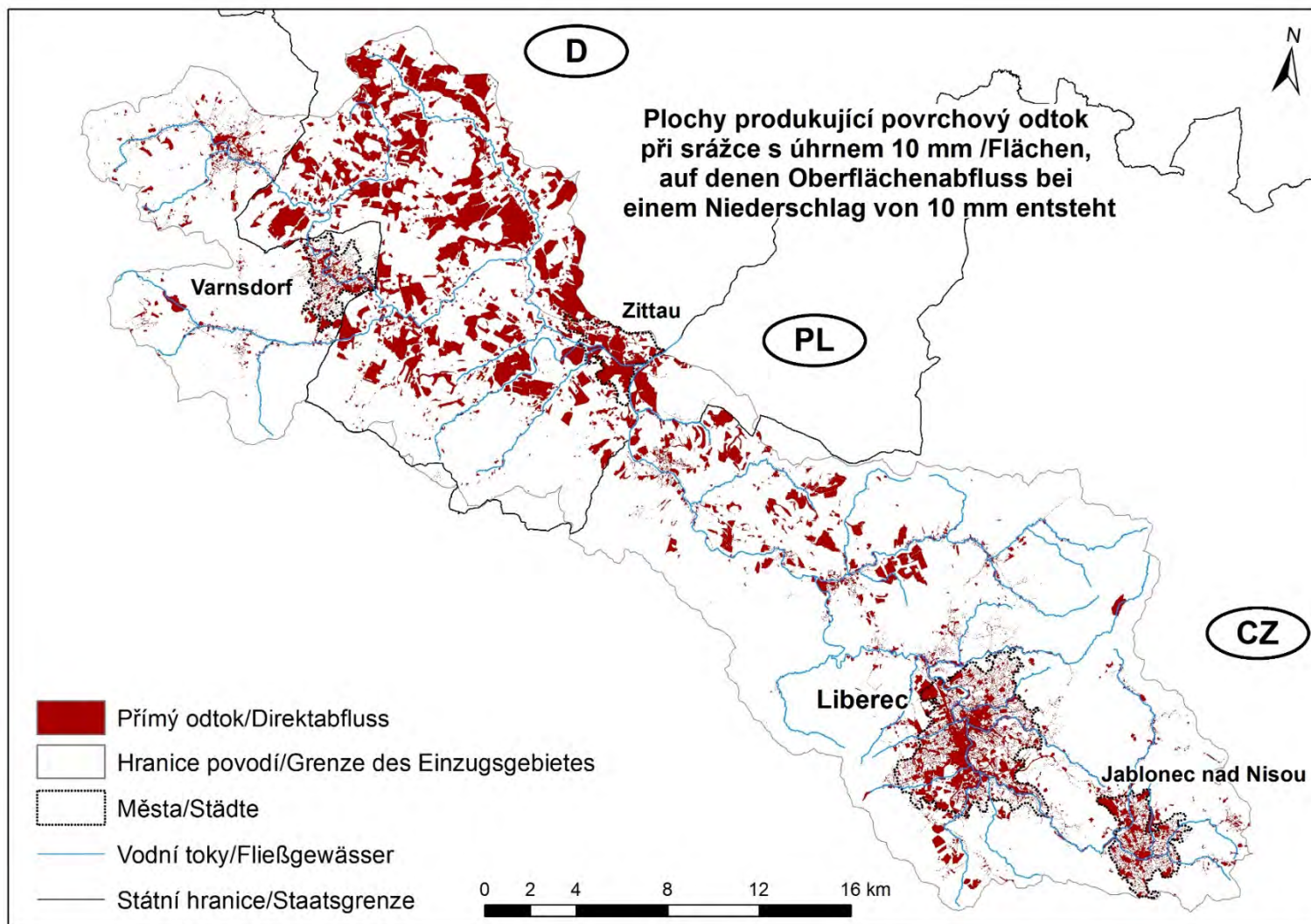
Oblasti v povodí, produkující odtok při rostoucím srážkovém úhrnu

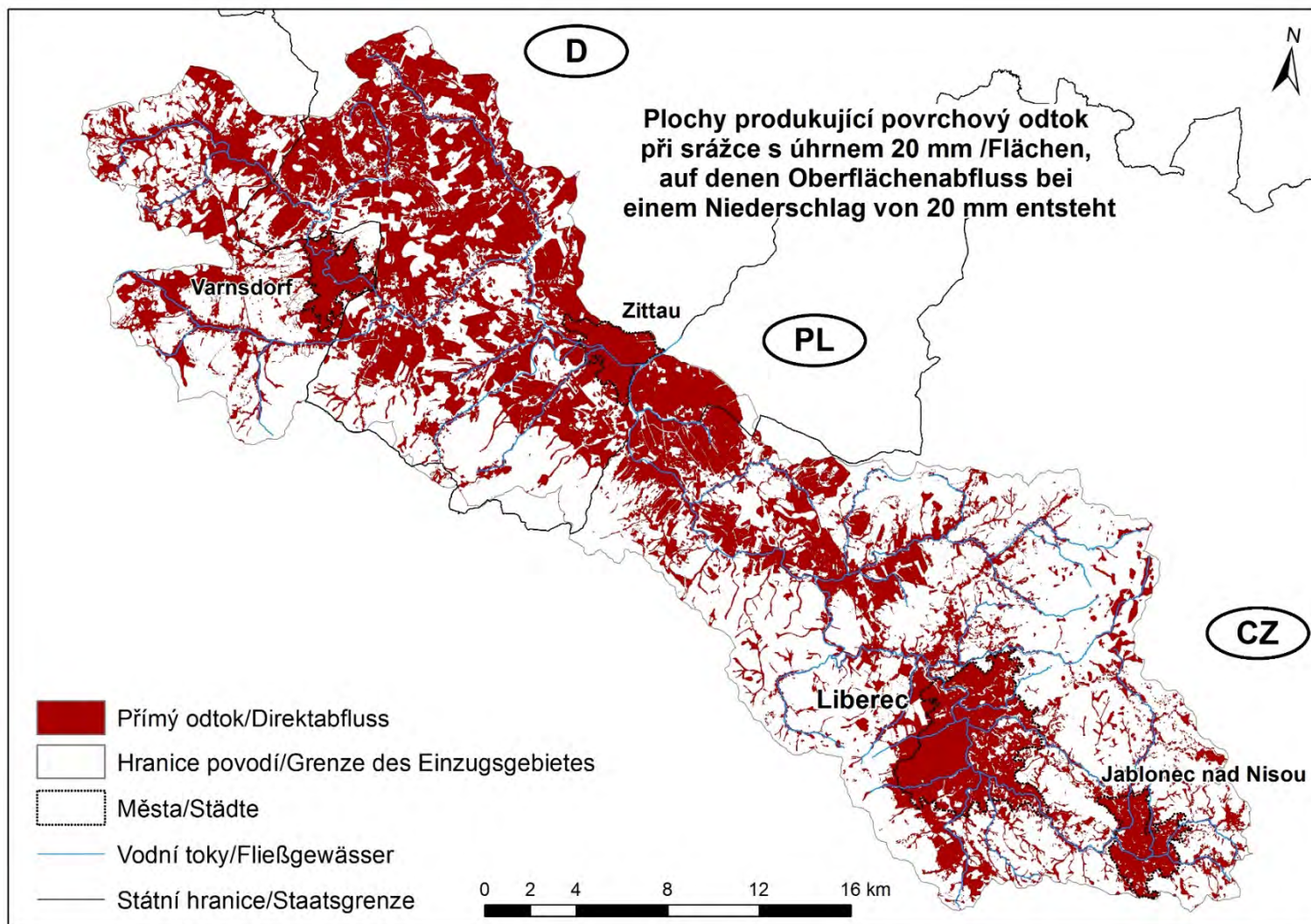
Aplikací podmínky vzniku povrchového odtoku

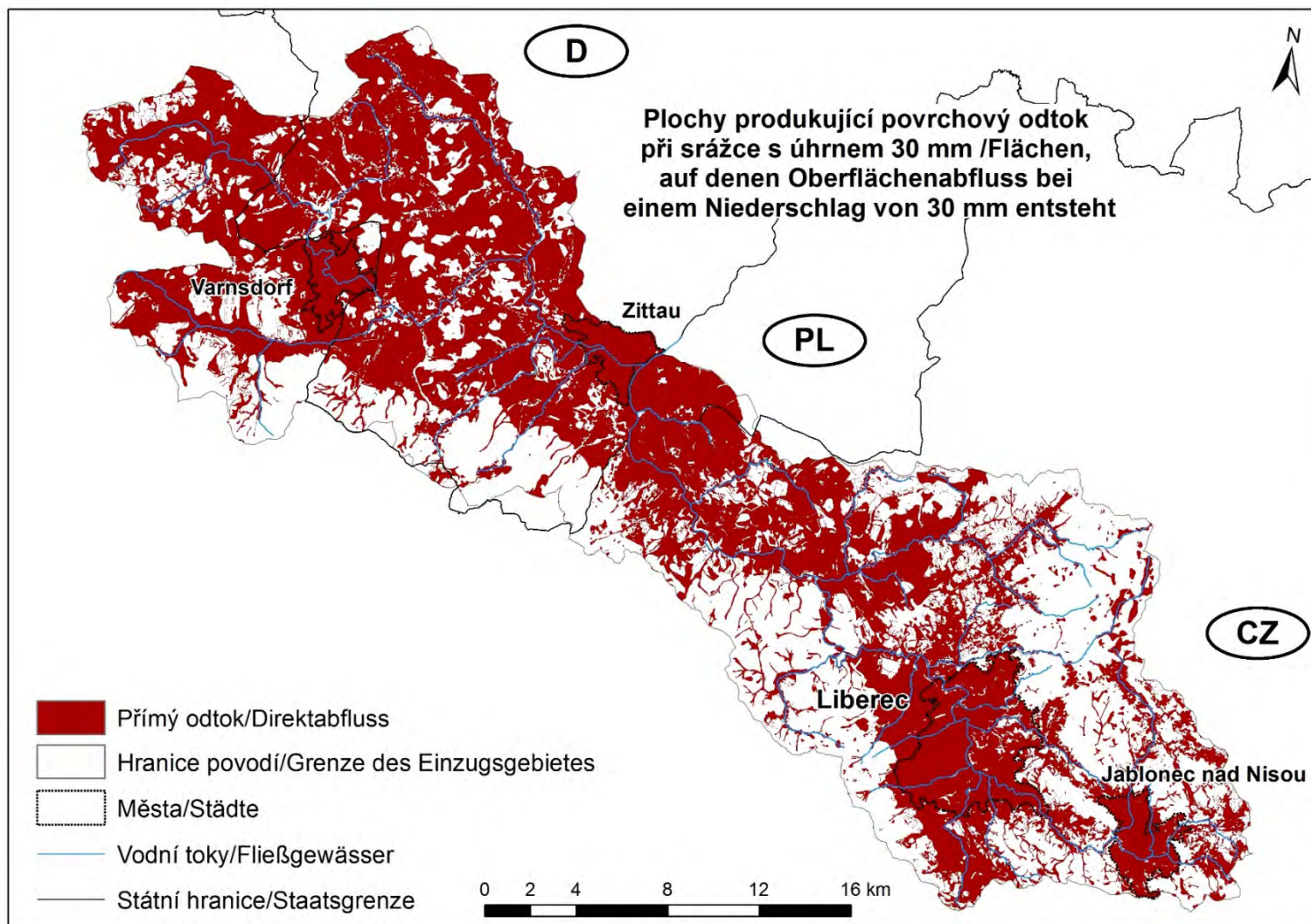
(úhrn srážky větší než 20 % potenciální retence)

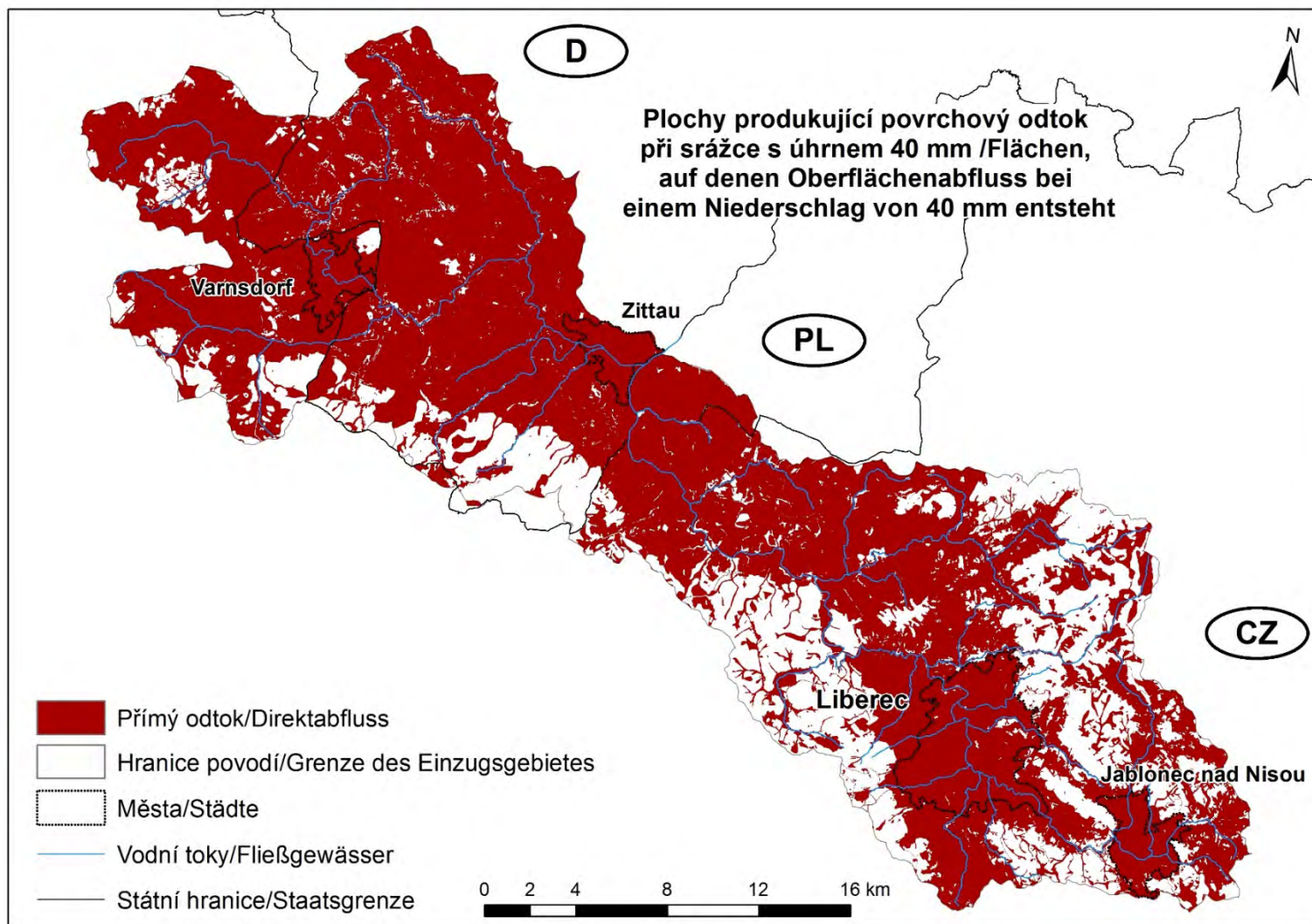
je možno modelovat vznik povrchového odtoku během trvajících srážek v celém území a rostoucí plochu, produkující odtok....

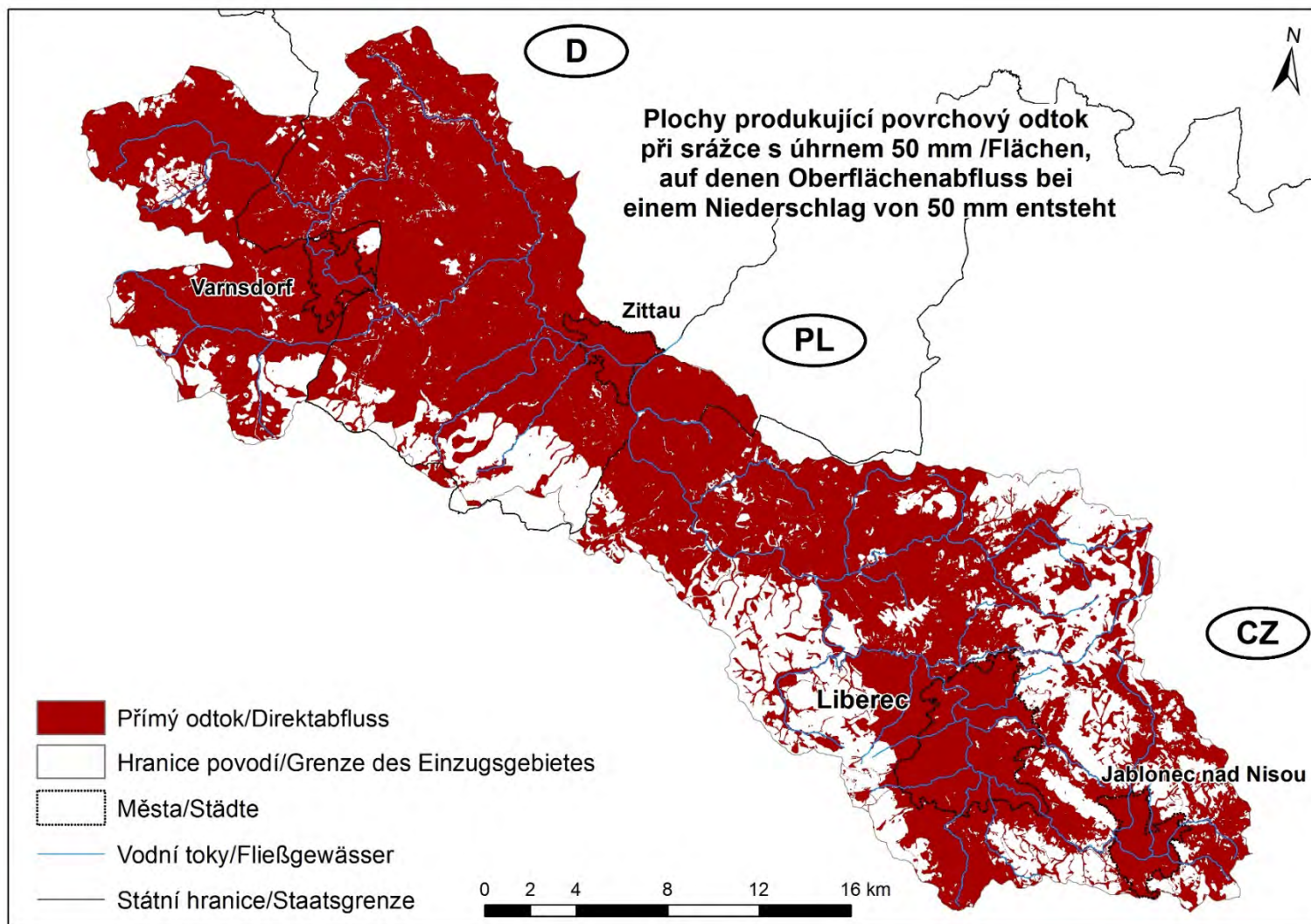
Příklad – povodí Nisy (cca 500 km²)

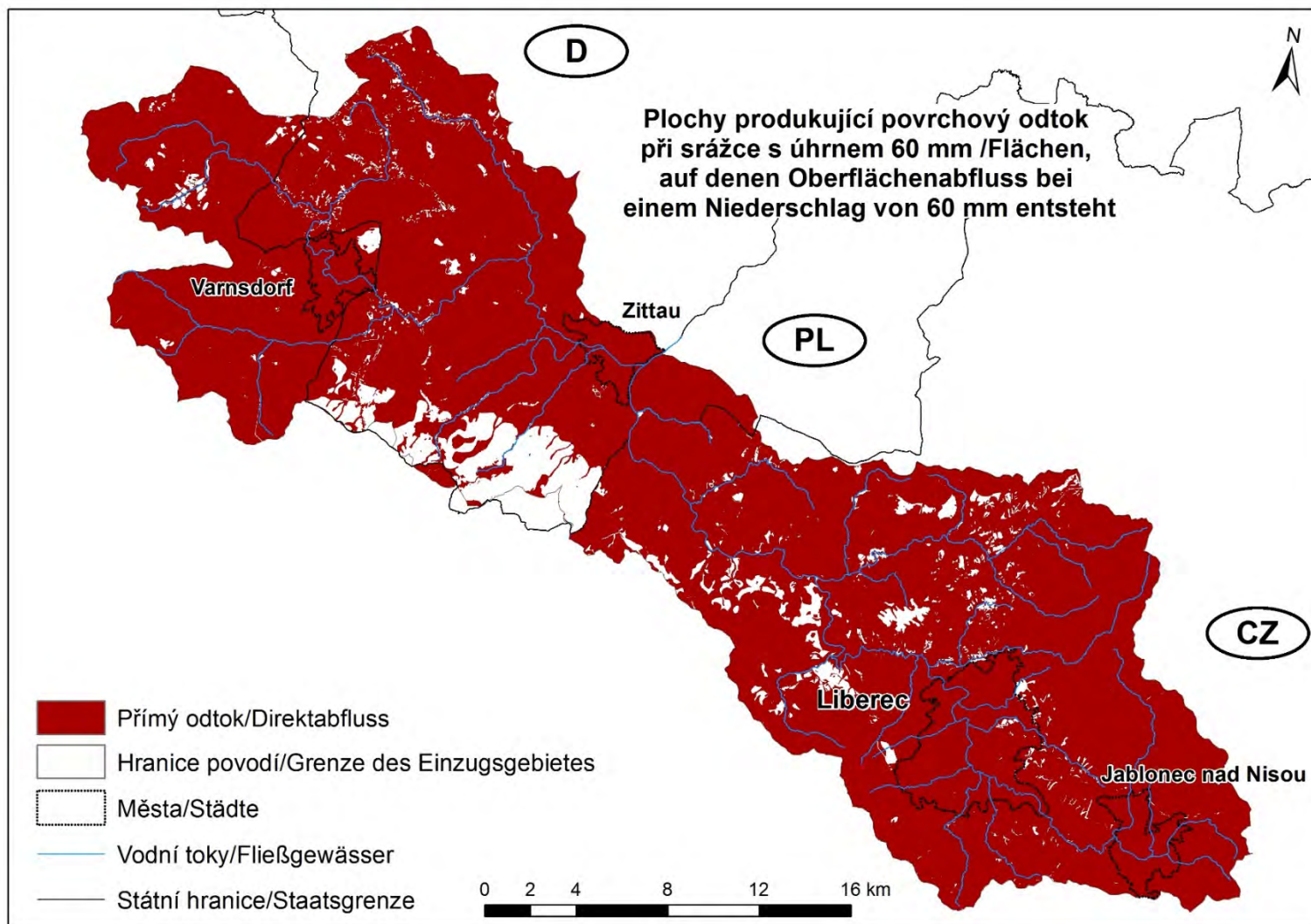


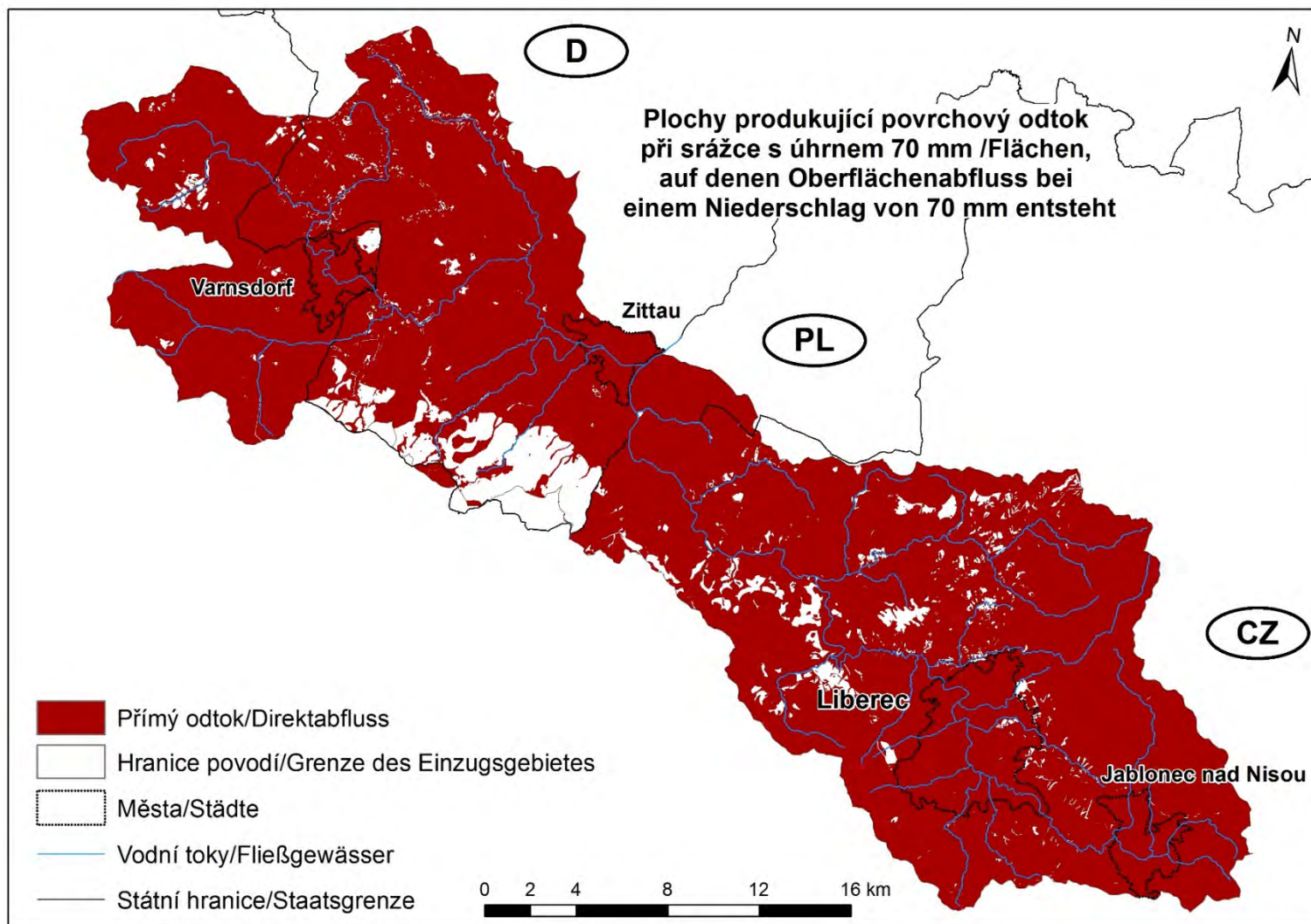


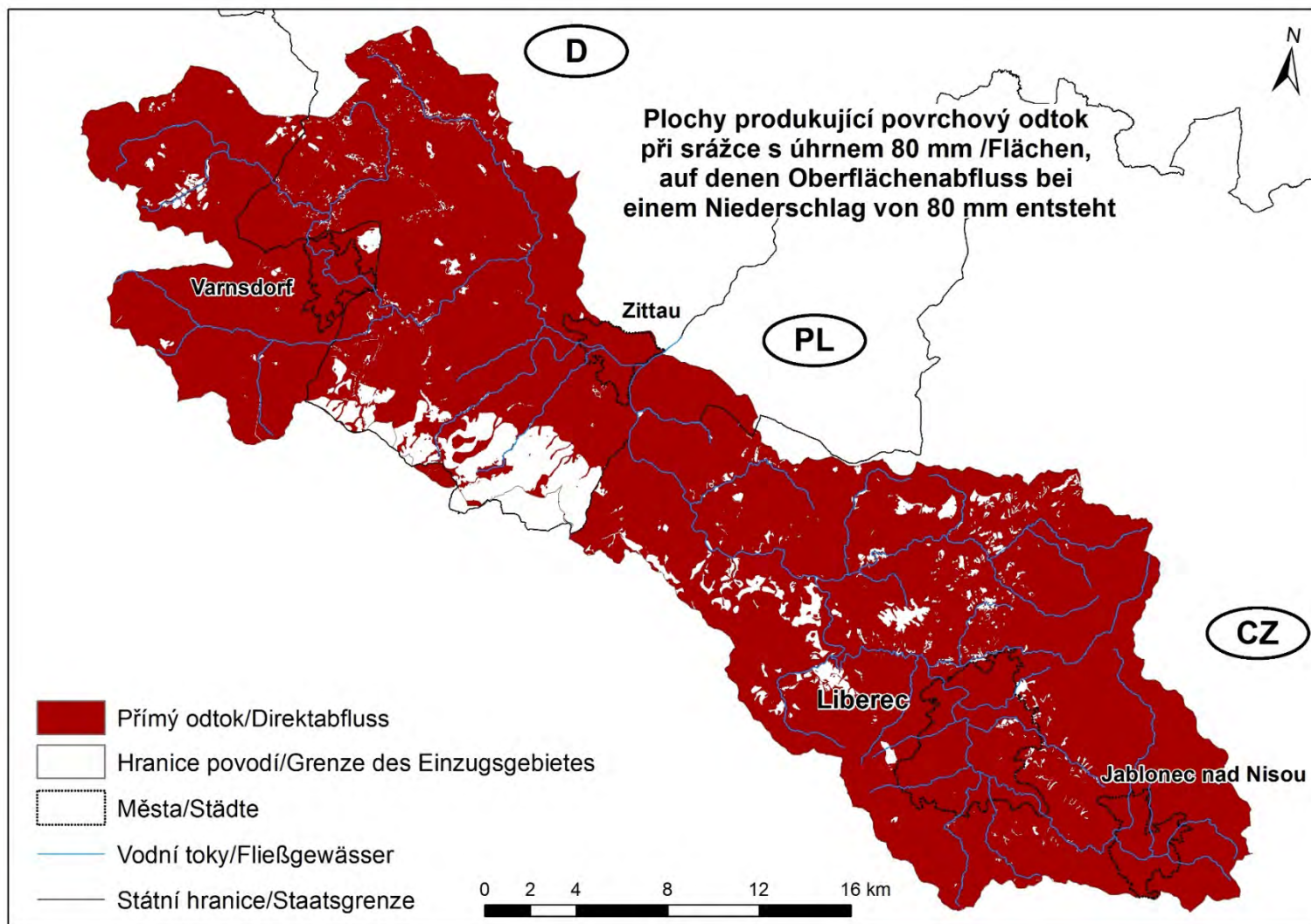


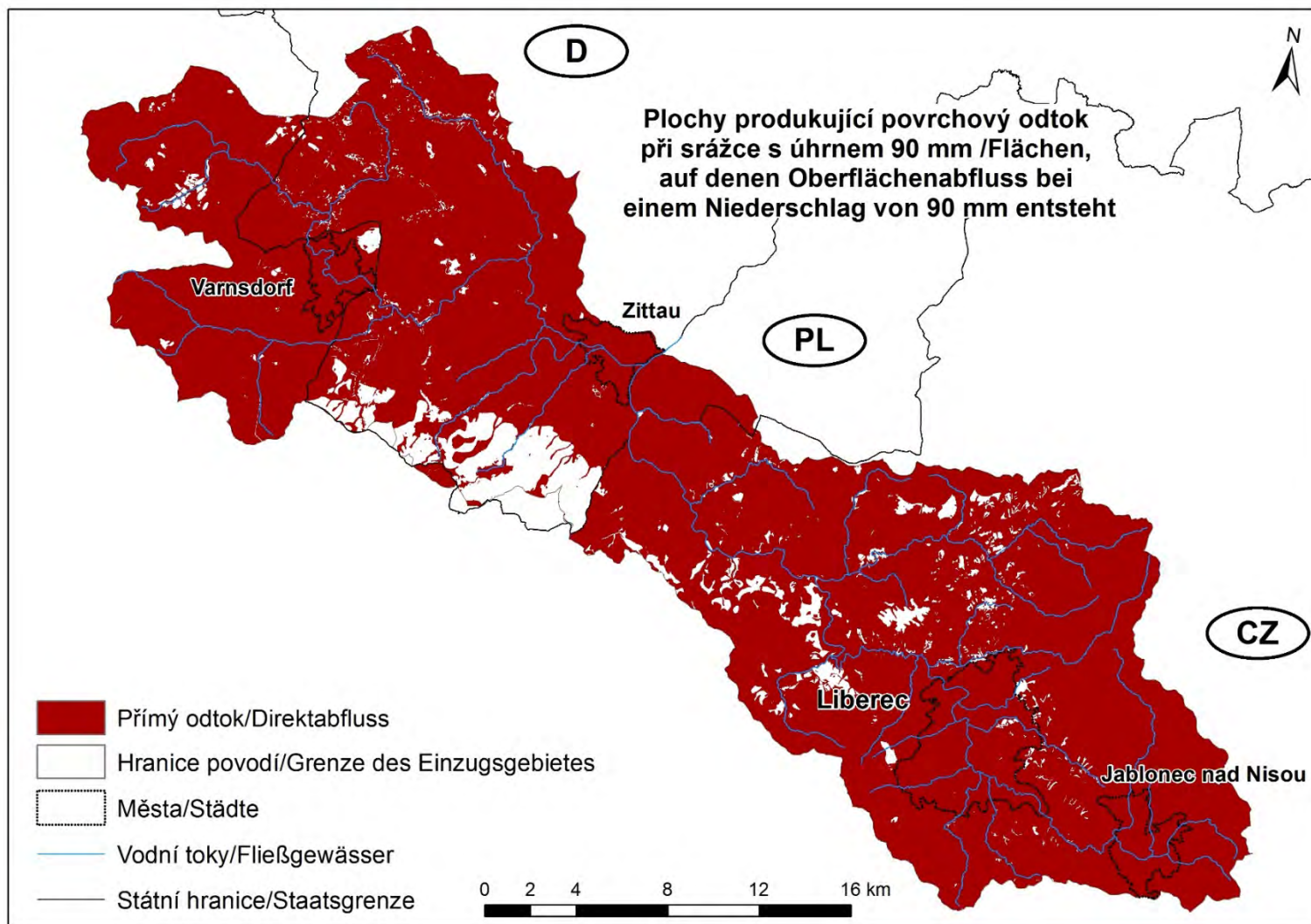


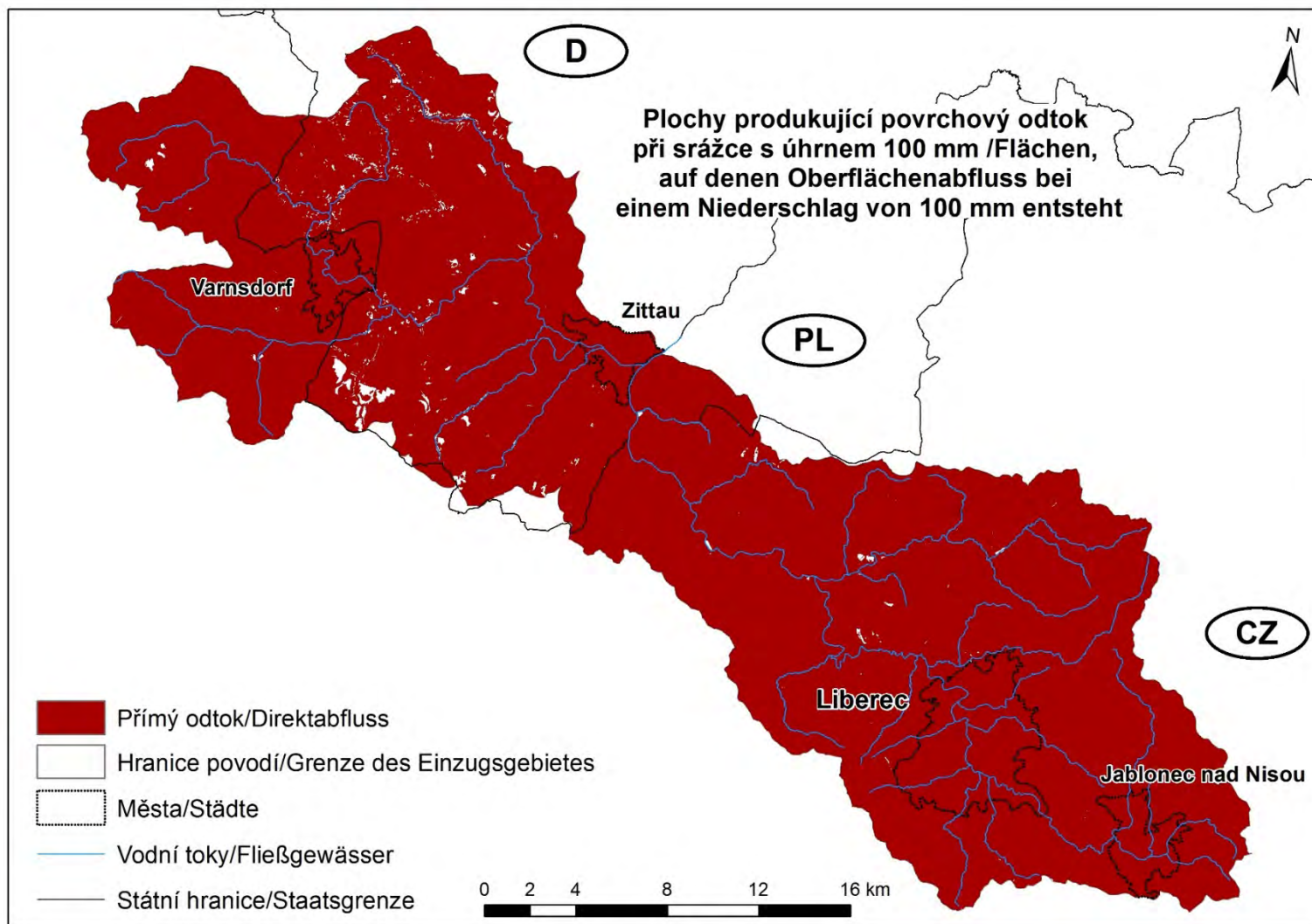


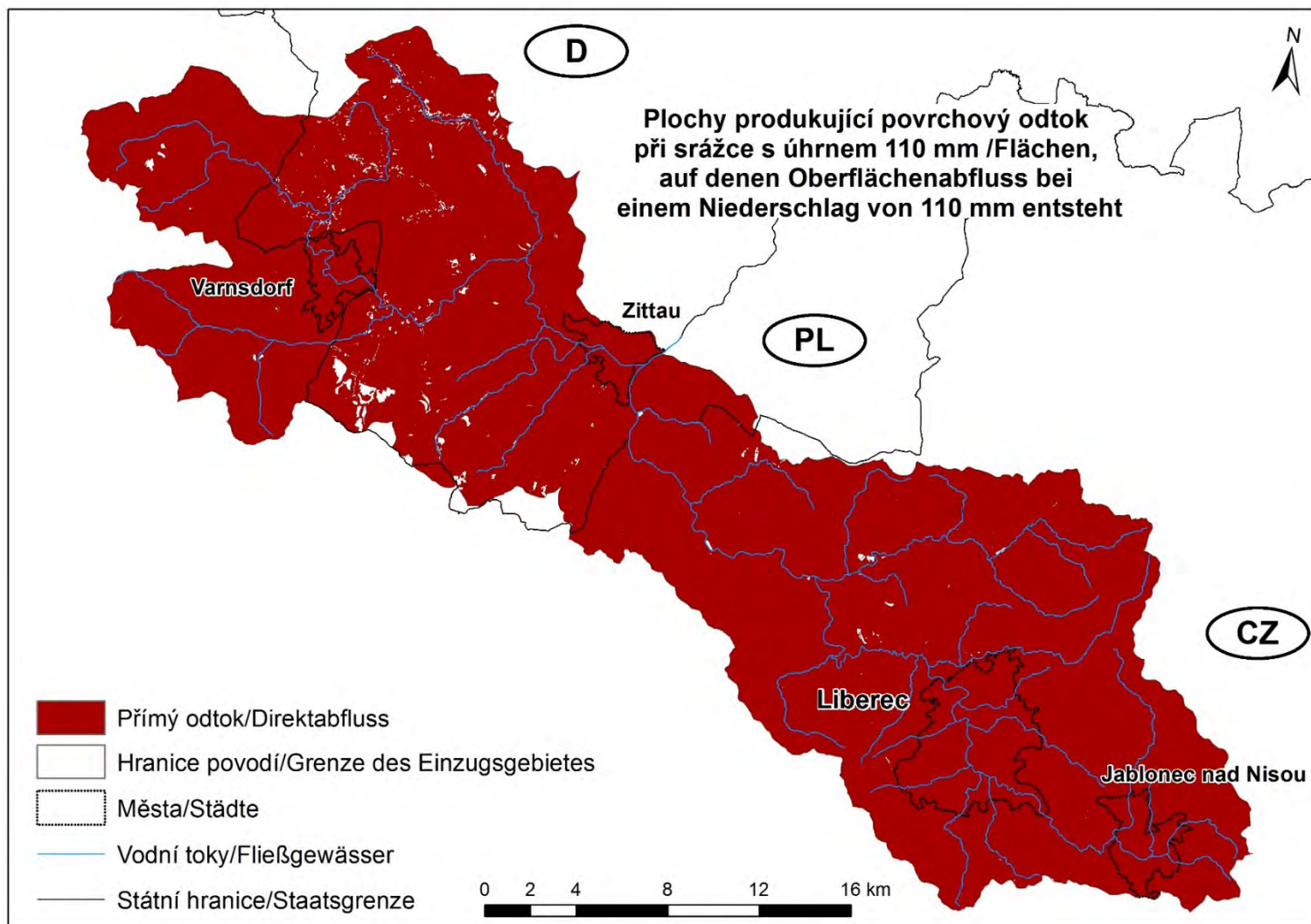


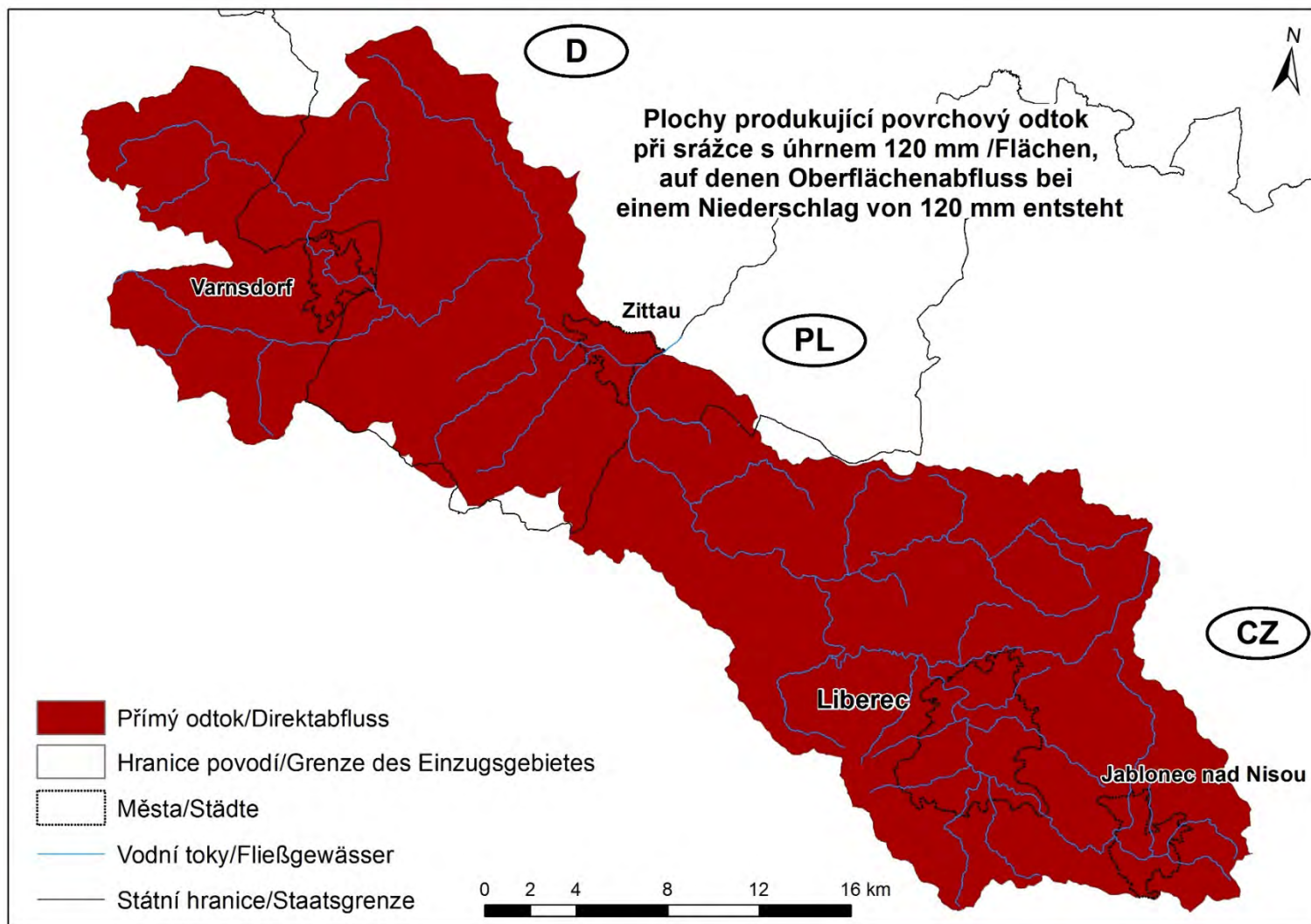












**Masivní povodeň = odtok z celé plochy povodí
vyvolá v tomto regionu srážka cca 120 mm**

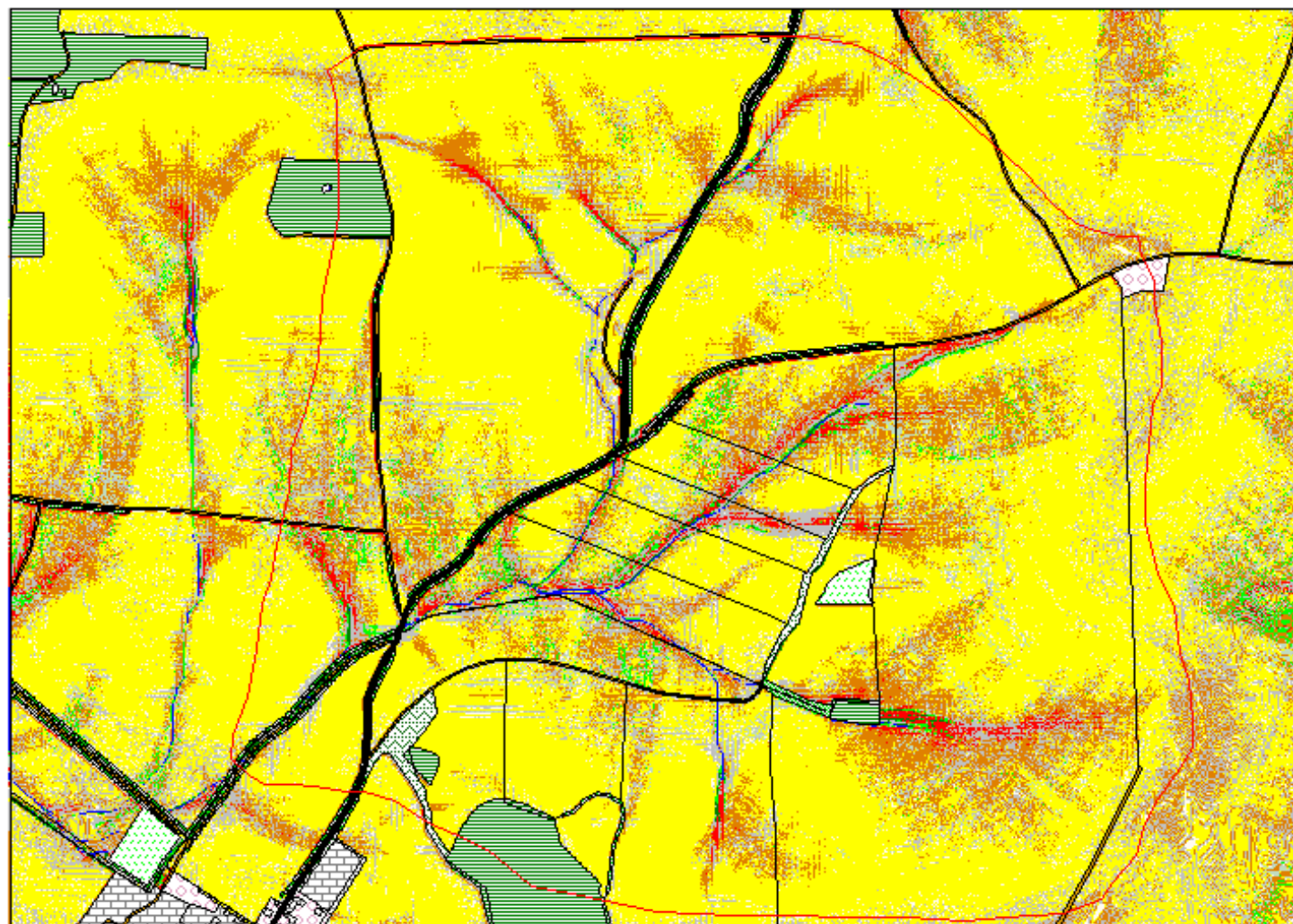
Příklad srážkových epizod během posledních cca 10 let ve stanici Bedřichov....

datum	úhrn srážky/24 hodin (mm)
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



Liniová opatření – důležitý je správný návrh a realizace



Legend

Subcatchment border

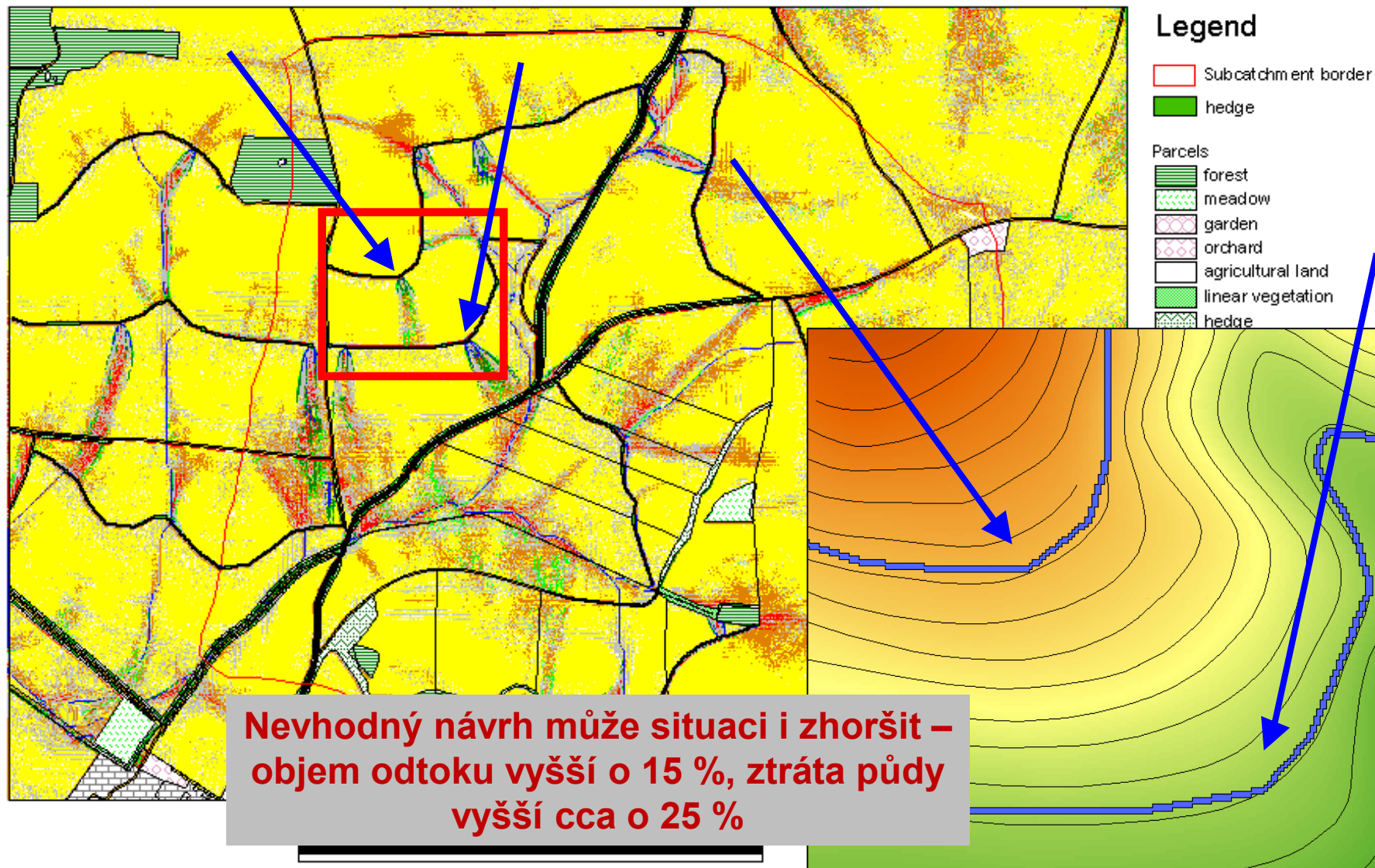
Parcels

- forest
- meadow
- garden
- orchard
- agricultural land
- linear vegetation
- hedge
- buildings
- street
- path
- stream
- reservoir

Erosion/Deposition [kg/m²]

- < -25
- 25 - -2.5
- 2.5 - -0.25
- 0.25 - -0.001
- 0.001 - 0.001
- 0.001 - 0.25
- 0.25 - 2.5
- 2.5 - 25
- > 25







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:

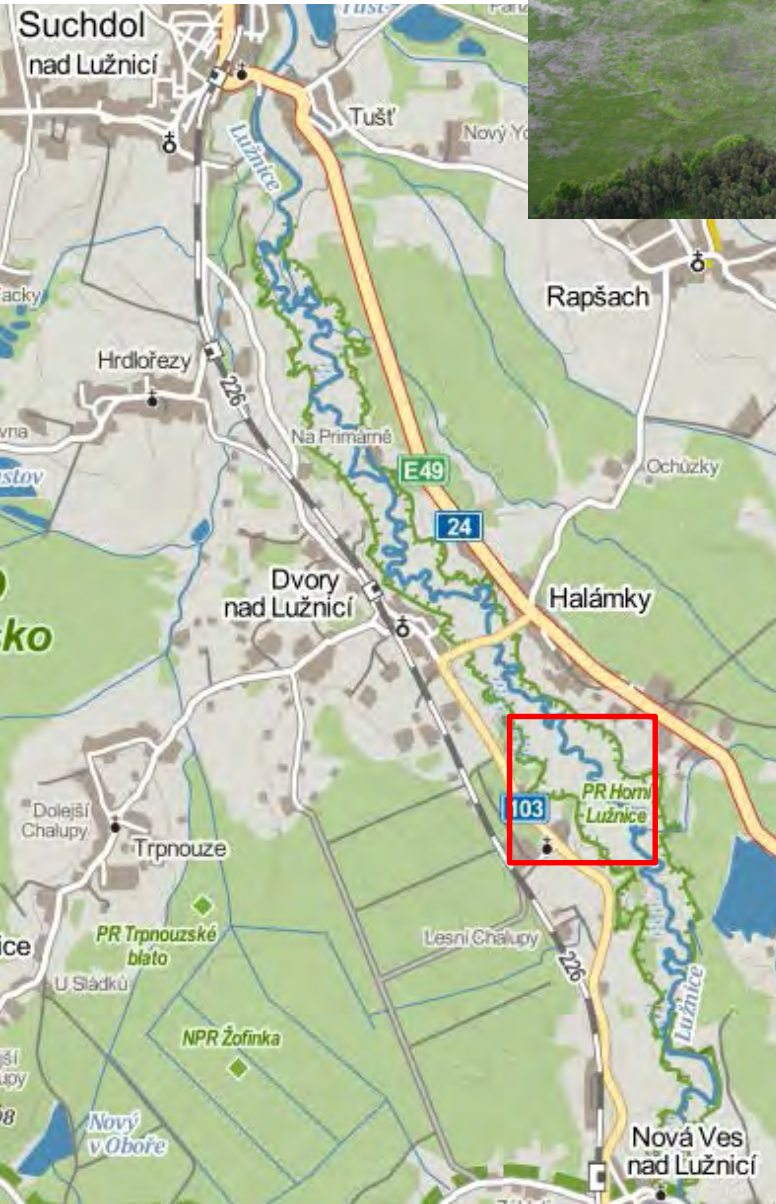
Horní Lužnice – zcela přirozená

Stropnice – extenzivní zemědělství

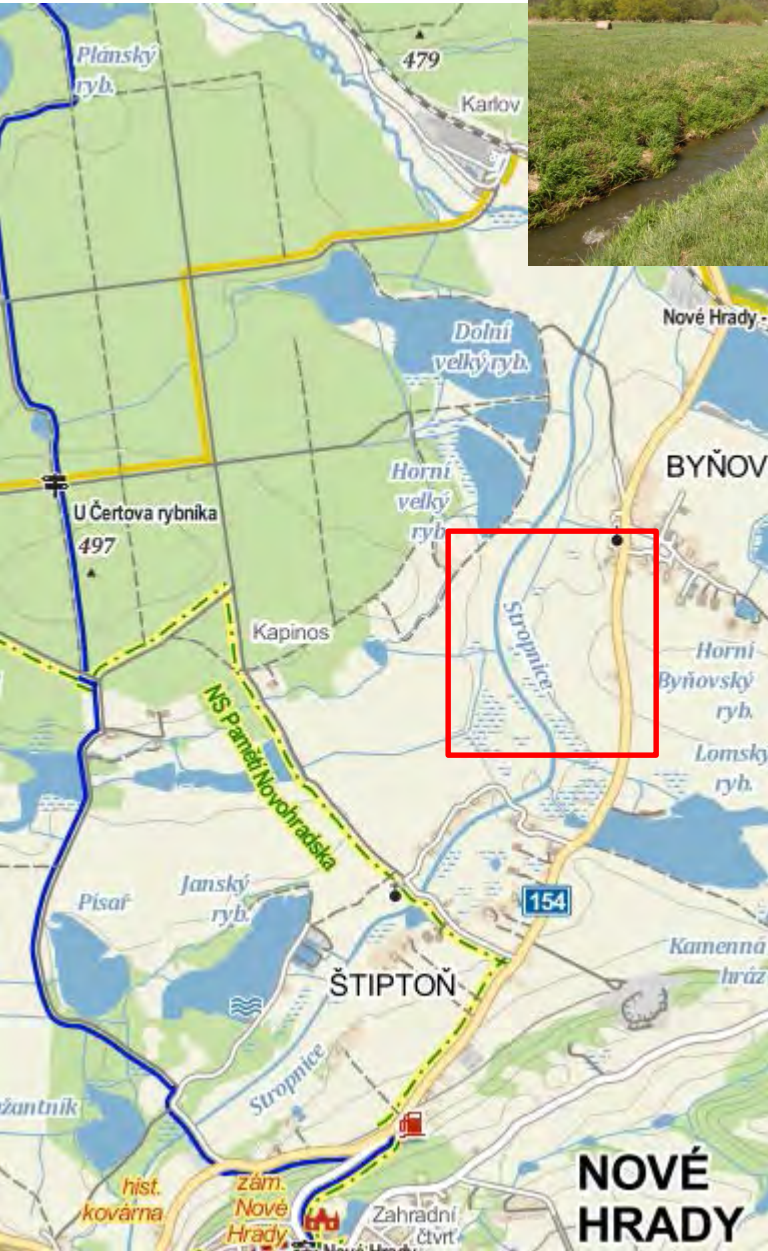
Blanice – intenzivní zemědělství

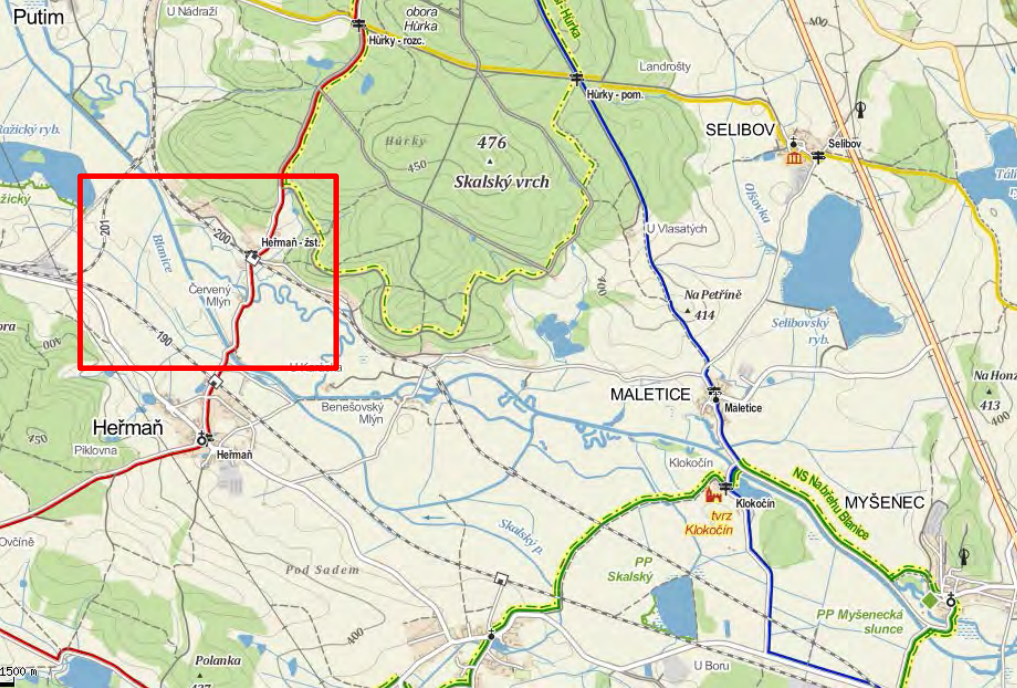
Výsledky lze částečně generalizovat

Horní Lužnice – zcela přirozená



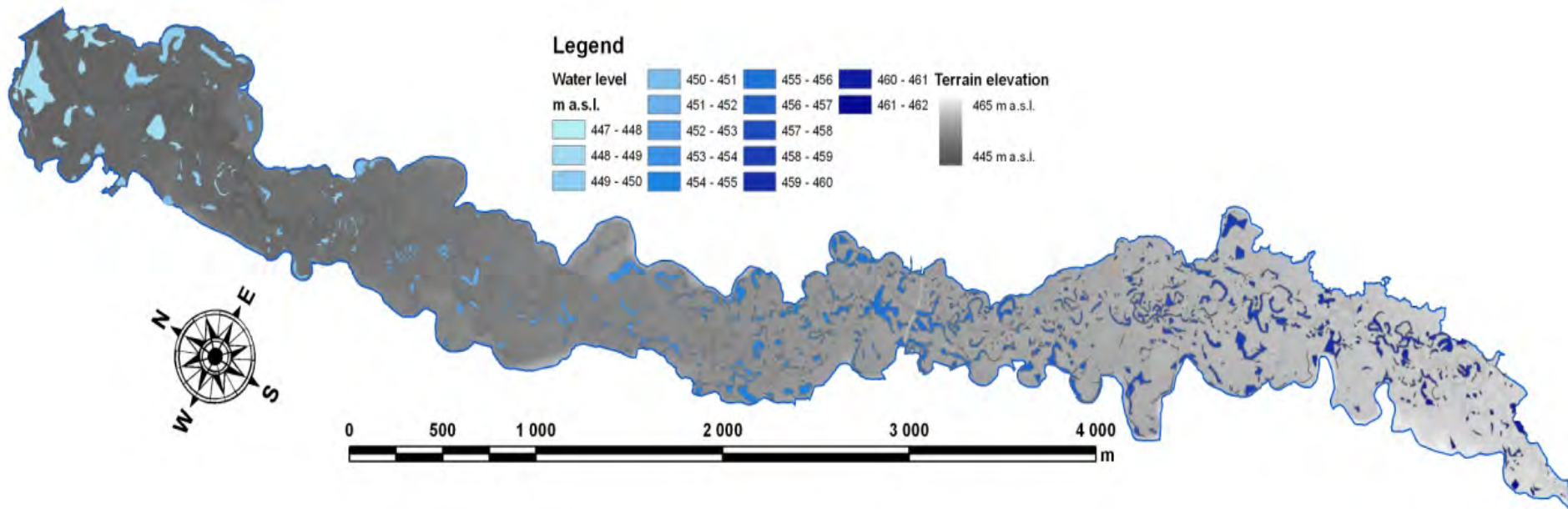
Stropnice – extenzivní zemědělství





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

- A – současný stav
- B - zalesněno
- C - zorněno

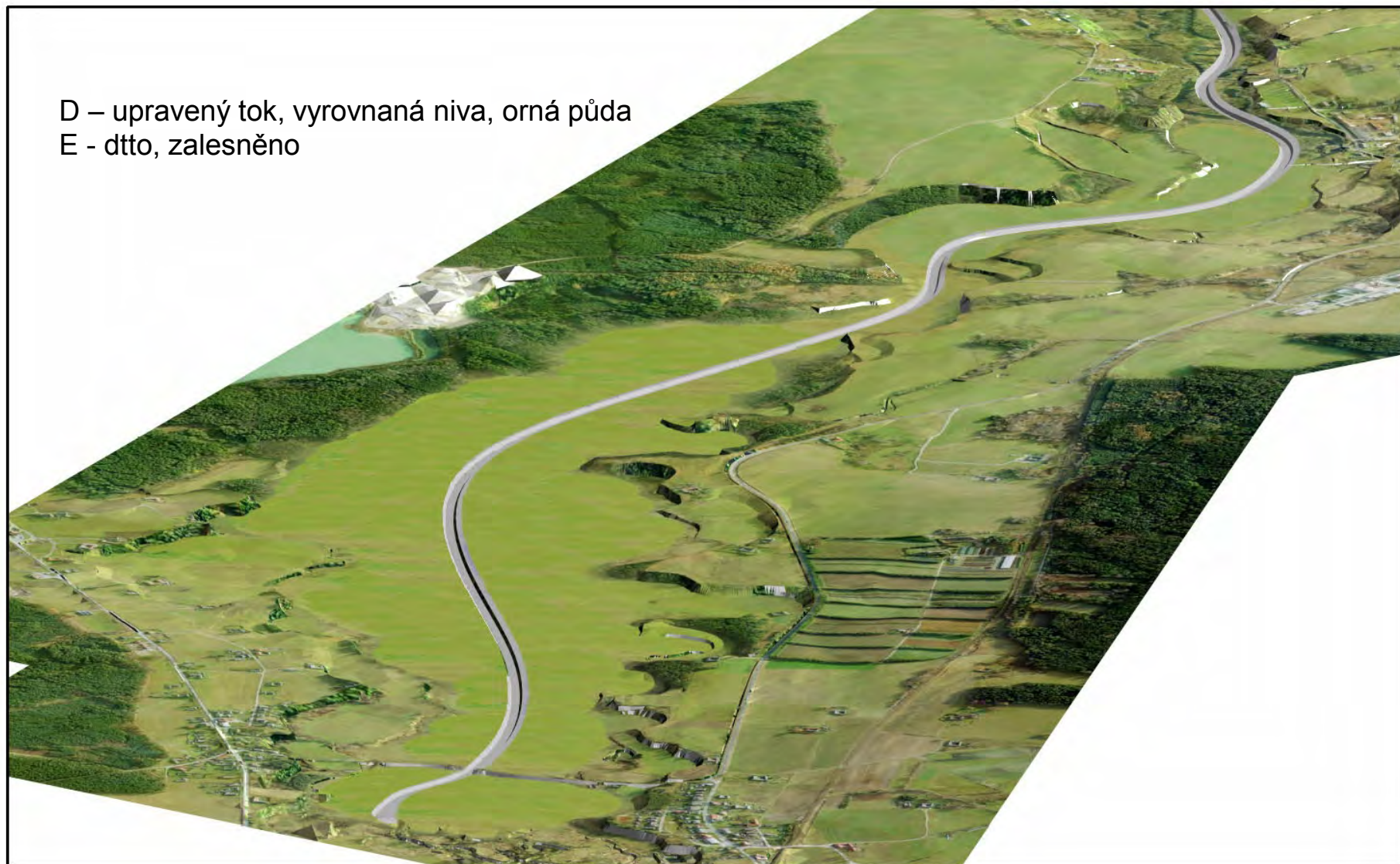




Modelované scénáře

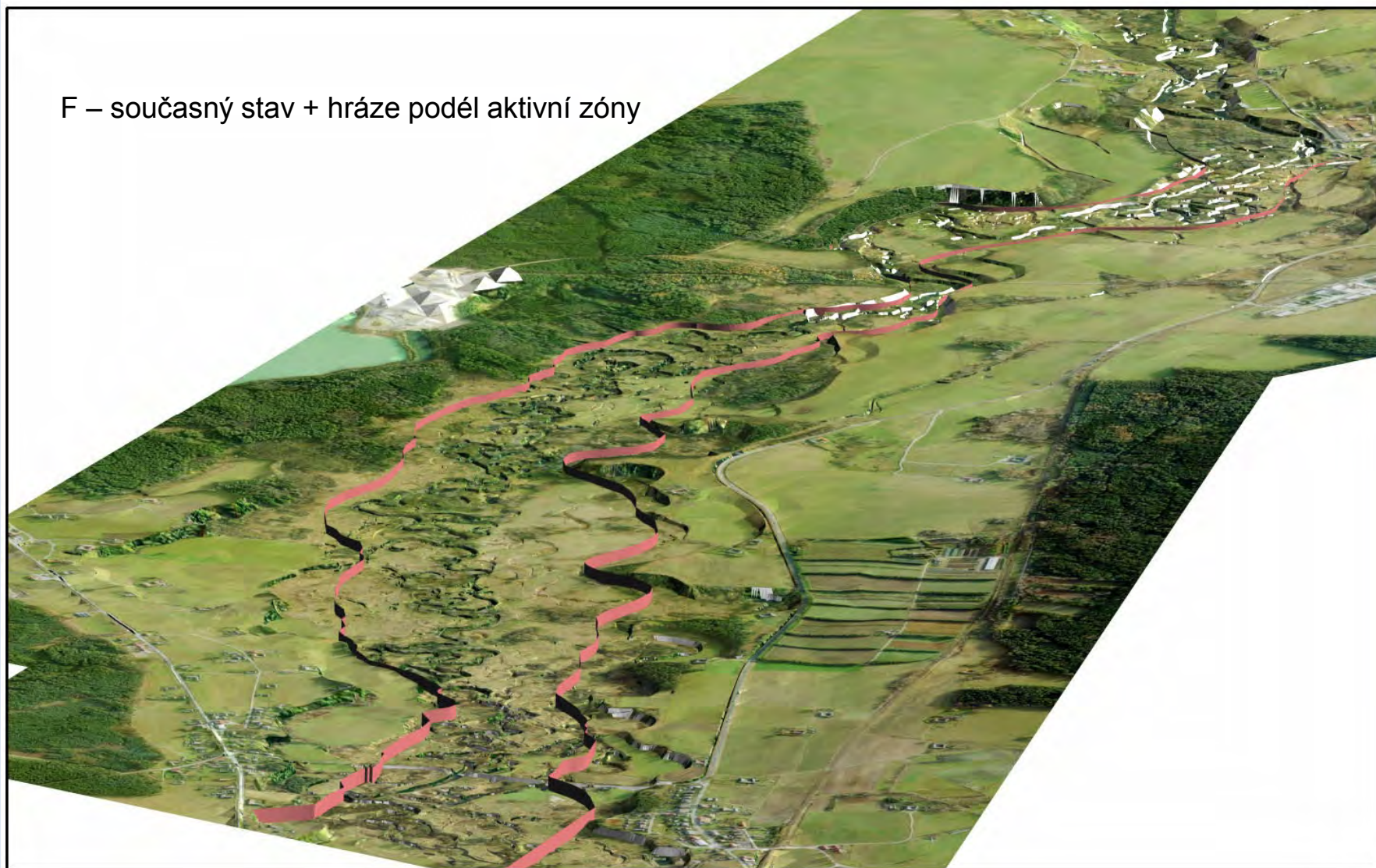
D – upravený tok, vyrovnaná niva, orná půda

E - dtto, zalesněno



Modelované scénáře

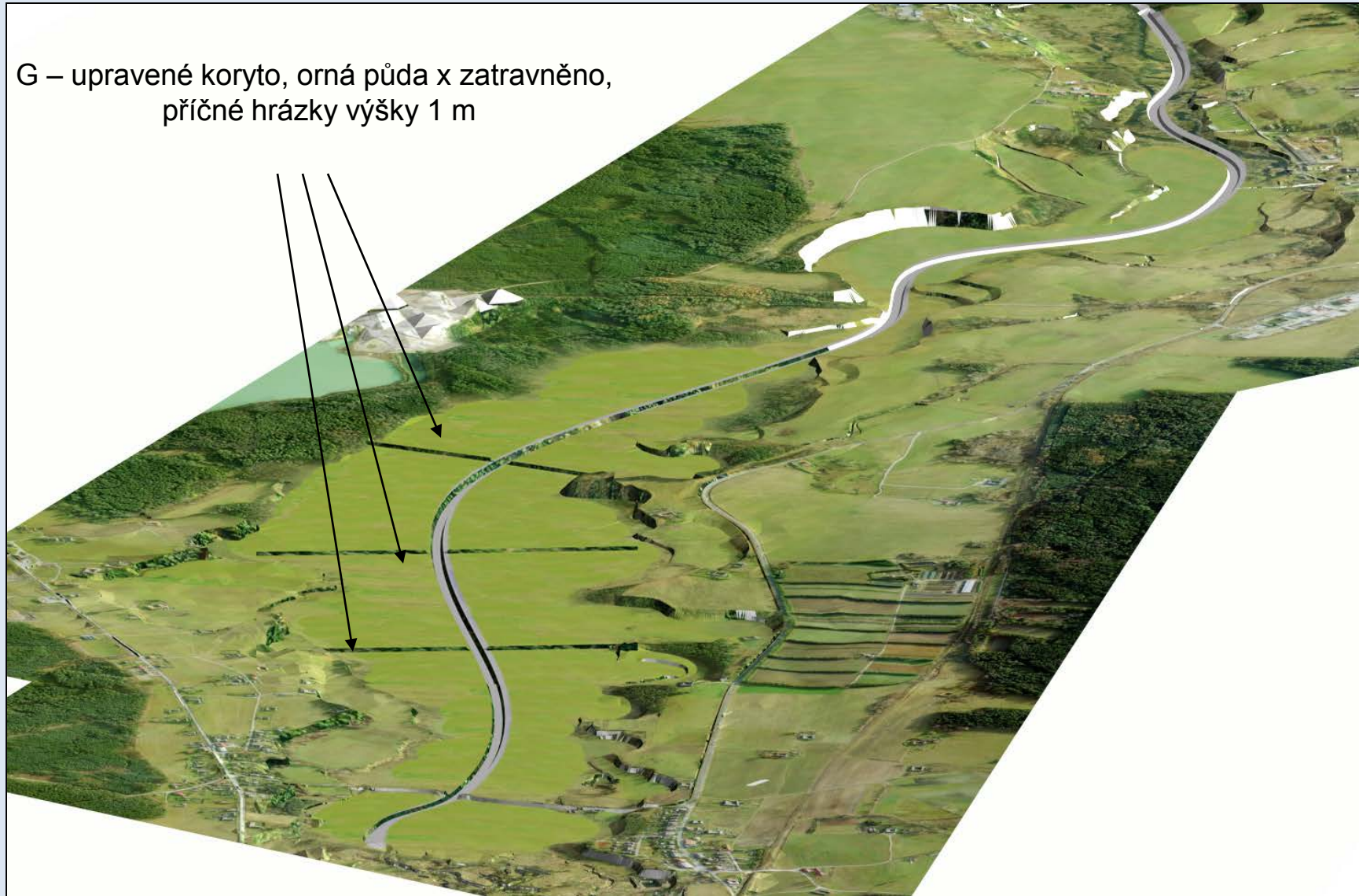
F – současný stav + hráze podél aktivní zóny





Modelované scénáře

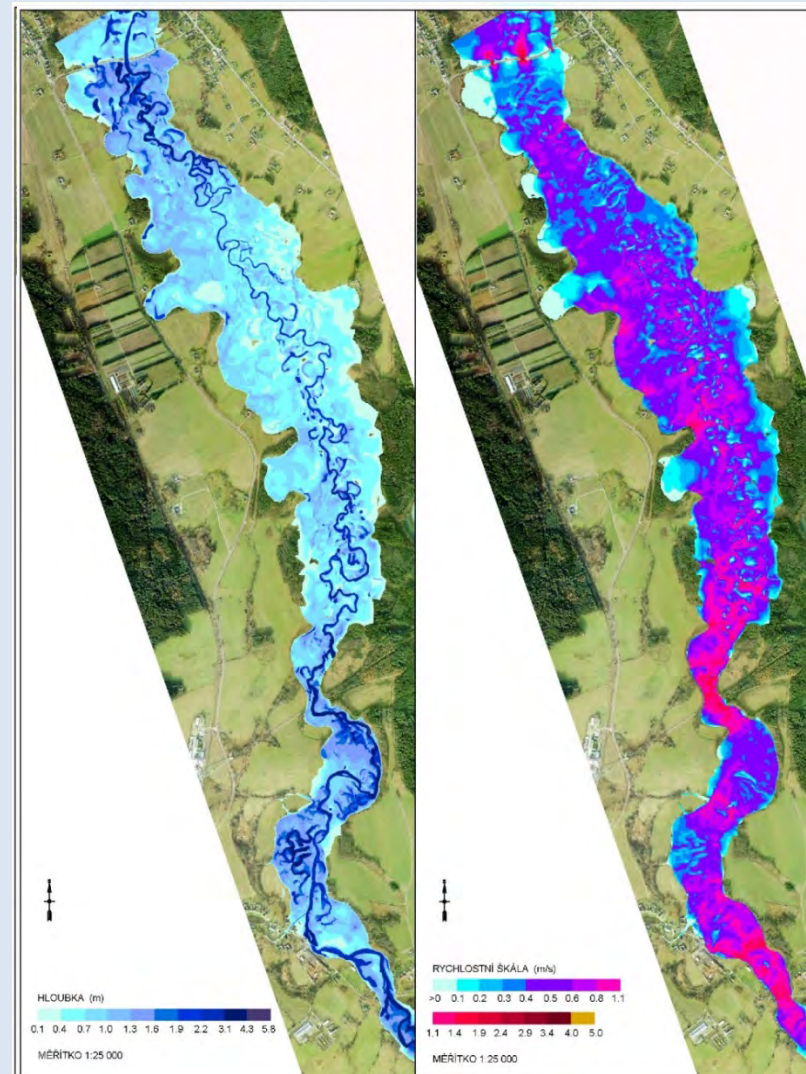
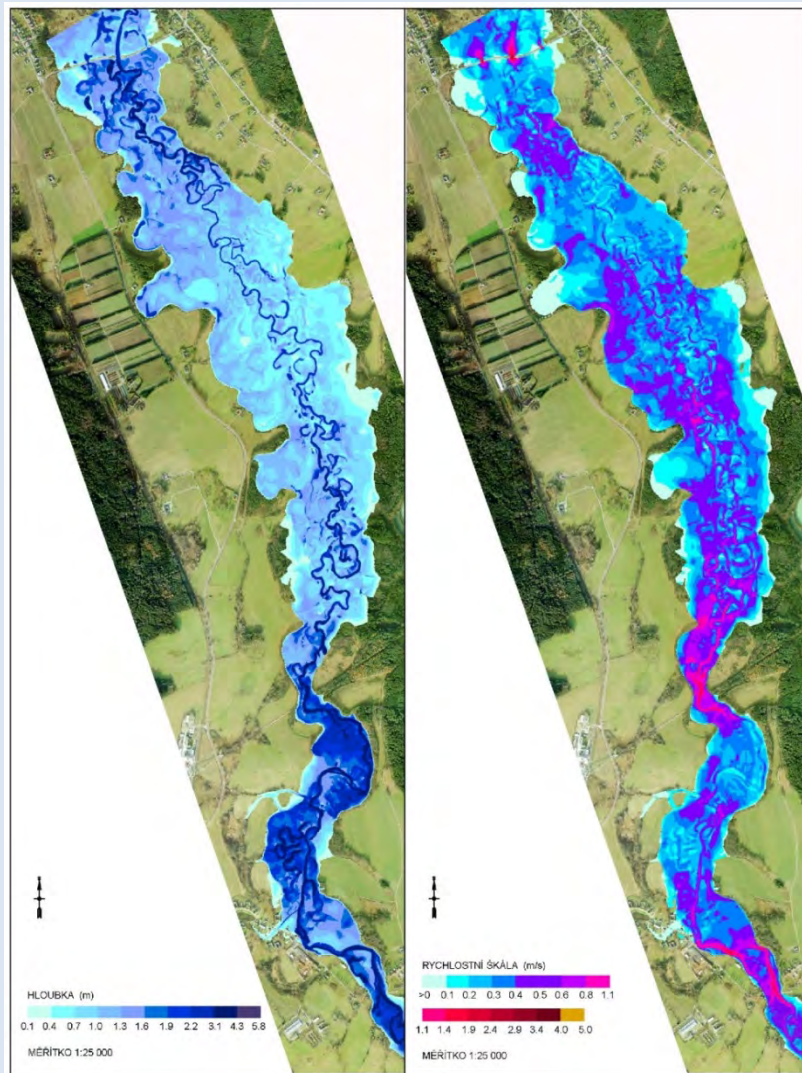
G – upravené koryto, orná půda x zatravněno,
příčné hrázky výšky 1 m



Vyhodnocení hloubek vody a rychlostí pro jednotlivé scénáře

A – současný stav

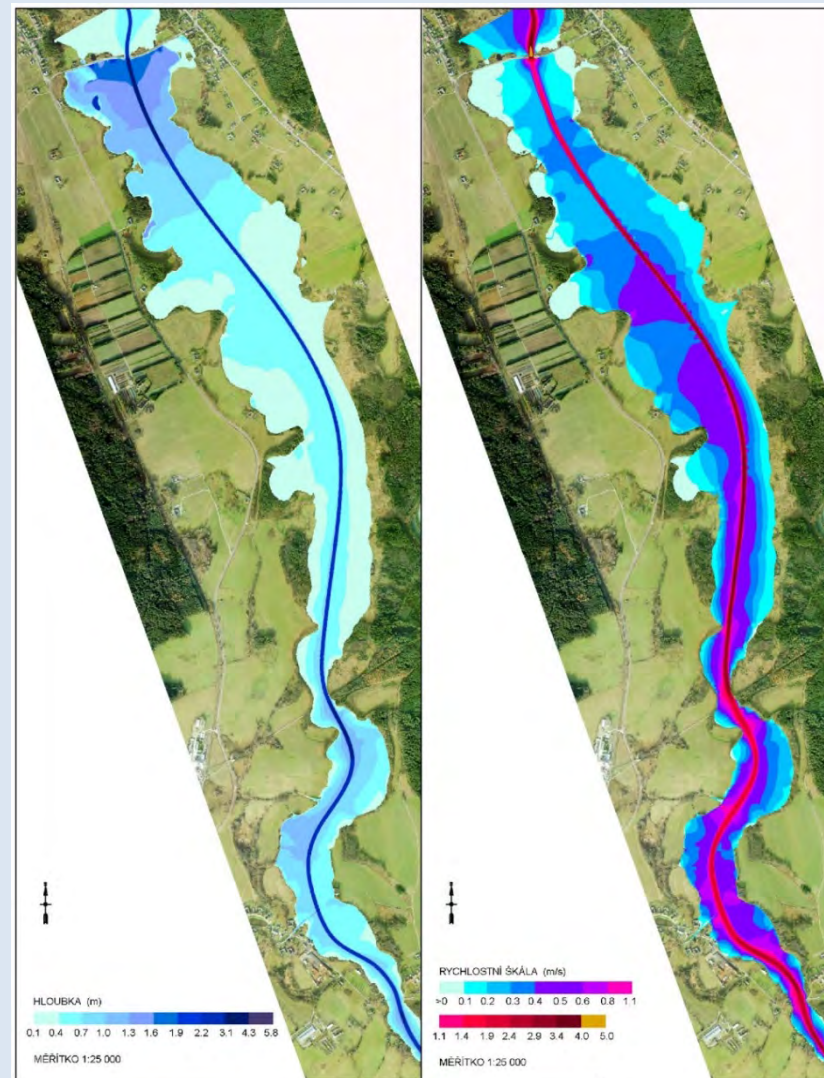
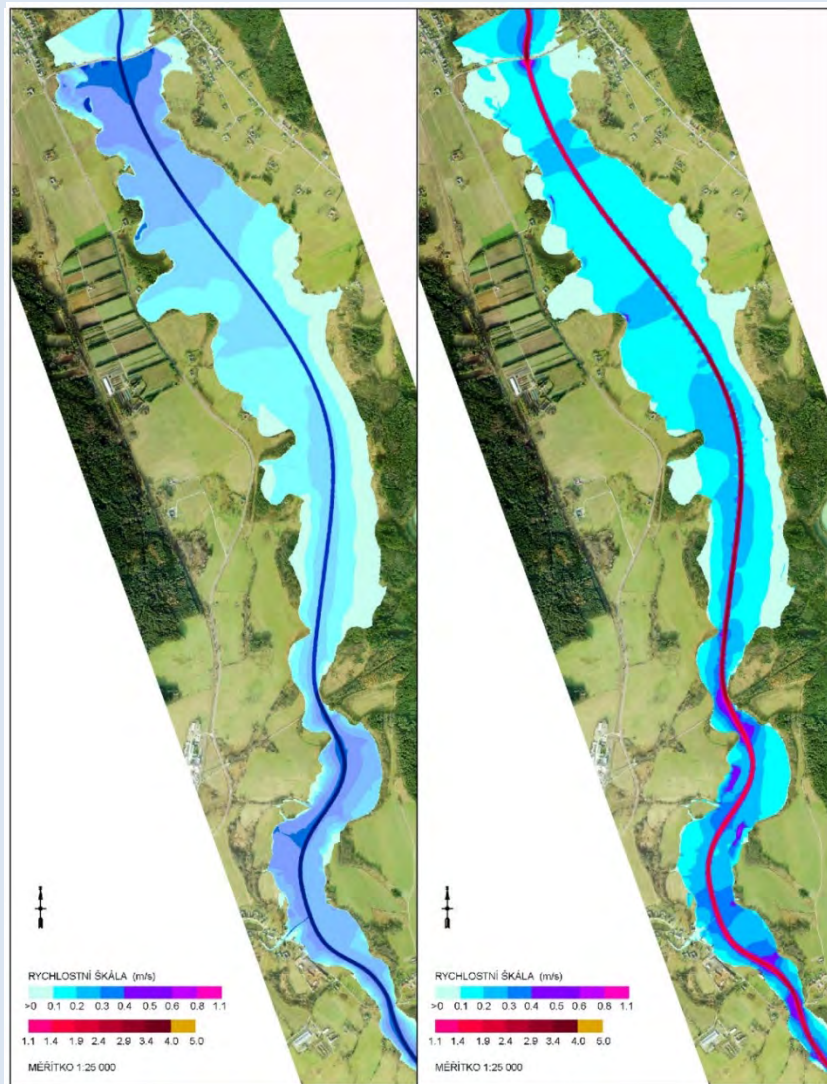
B – současný, zalesněná



Vyhodnocení hloubek vody a rychlostí pro jednotlivé scénáře

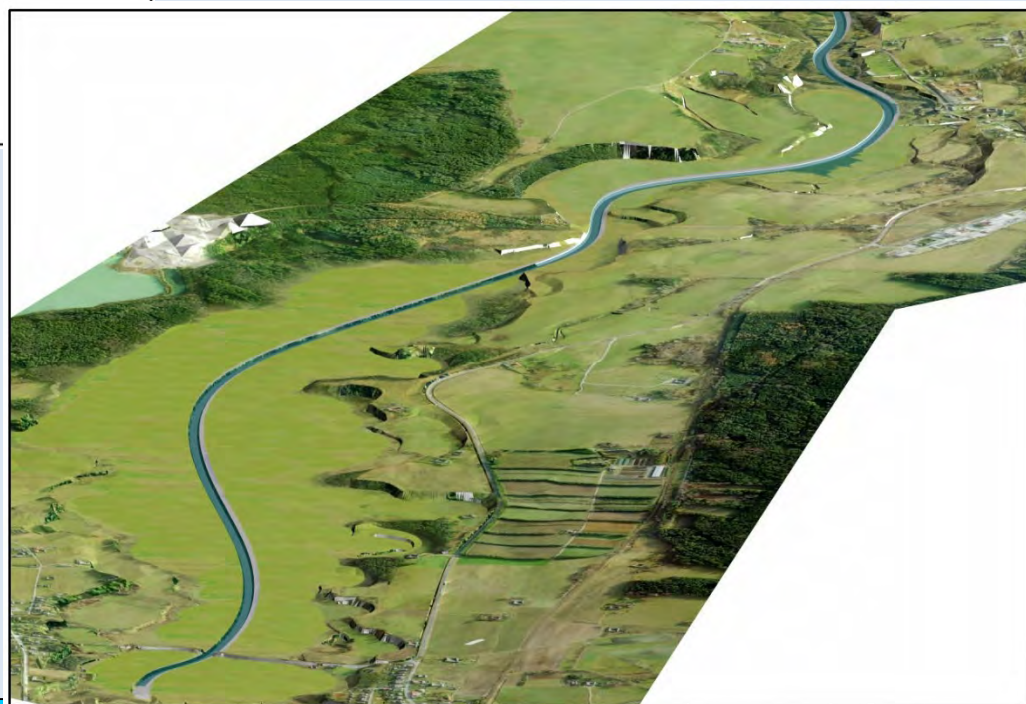
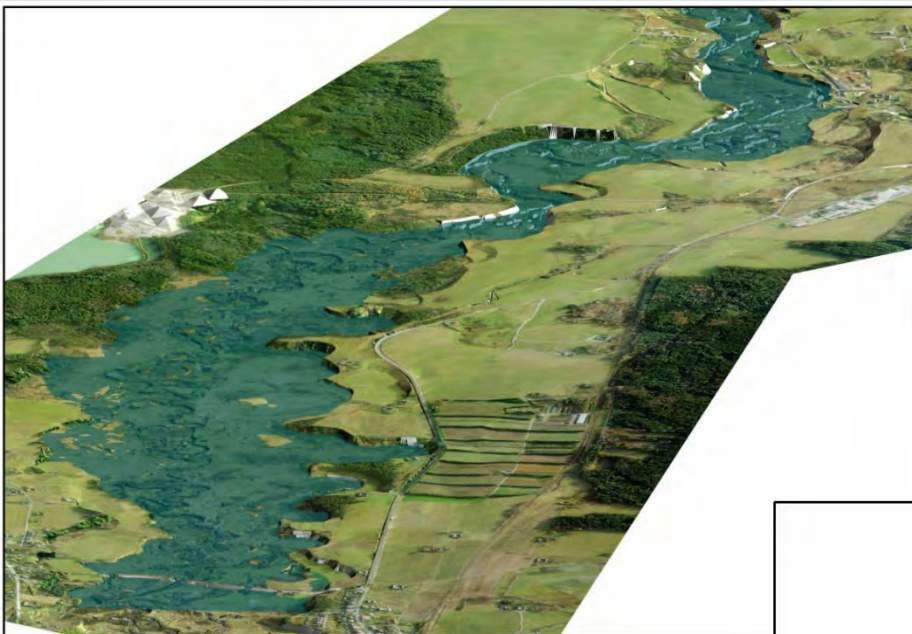
A – ~~společné, stalesněno~~ současné, stalesněno

D – upravený, orná





3D vizualizace Q_5

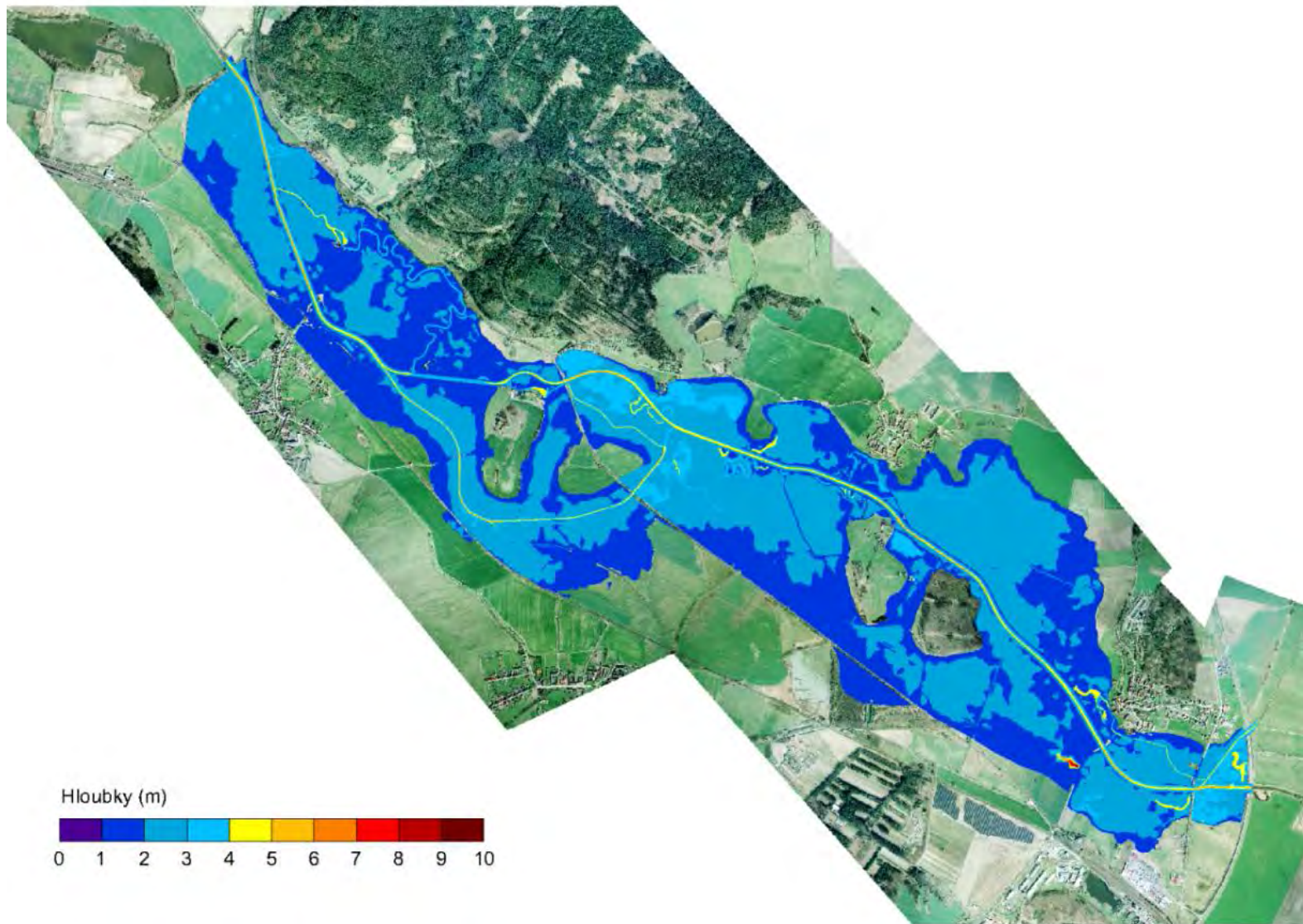




Modelované schéma revitalizace upraveného toku - STROPNICE



Vizualizace nivy Stropnice, Q_5 , varianta příčné hráze

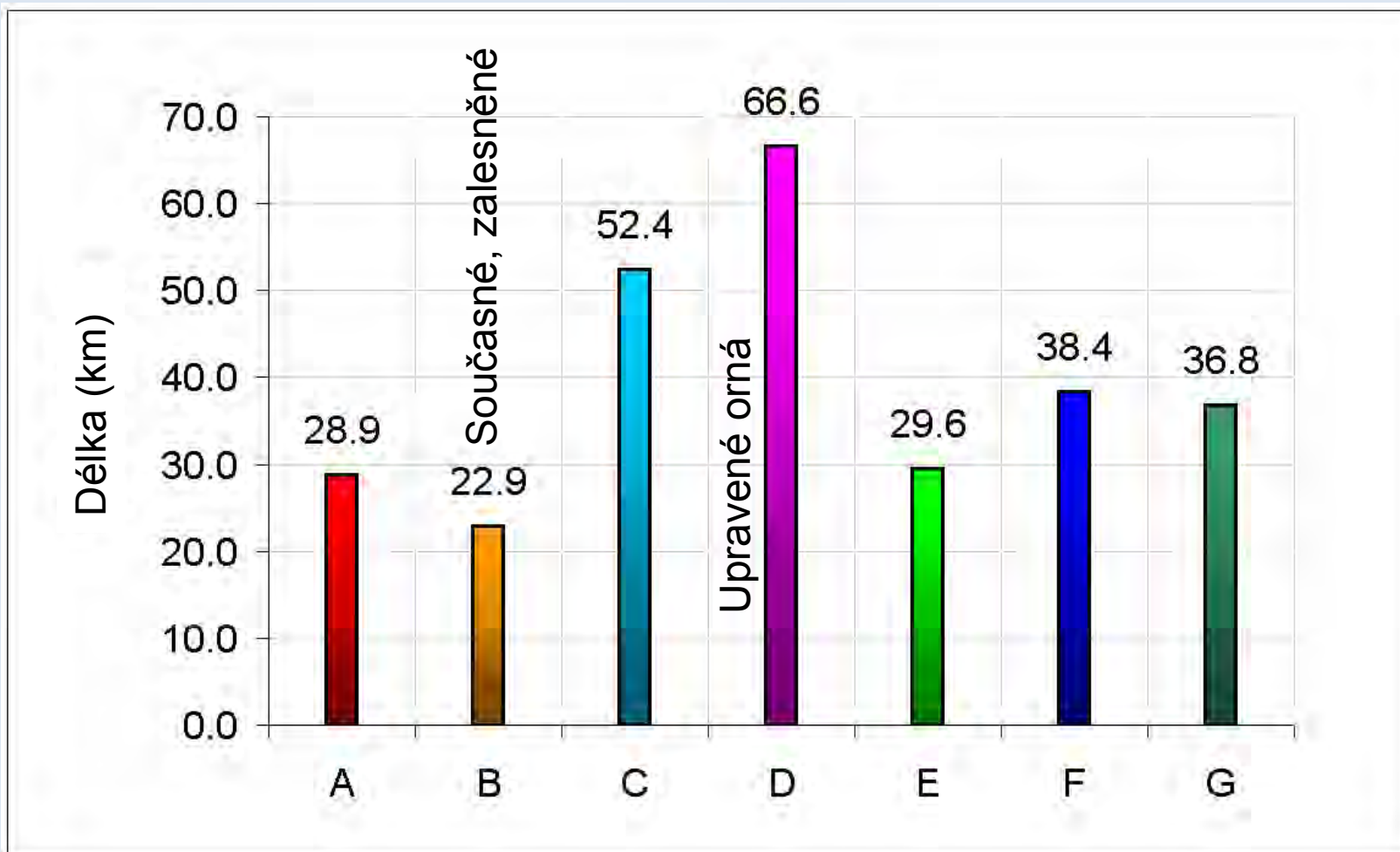


Vizualizace nivy Blanice, Q_{100}



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...



2002 – plot napříč inundací





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**





vodní nádrže

malé x velké vodní nádrže

ovladatelný x neovladatelný prostor

objem ???

povodí: 2 km², srážka 20 mm, odtokový součinitel 50 % = 20 000 m³

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

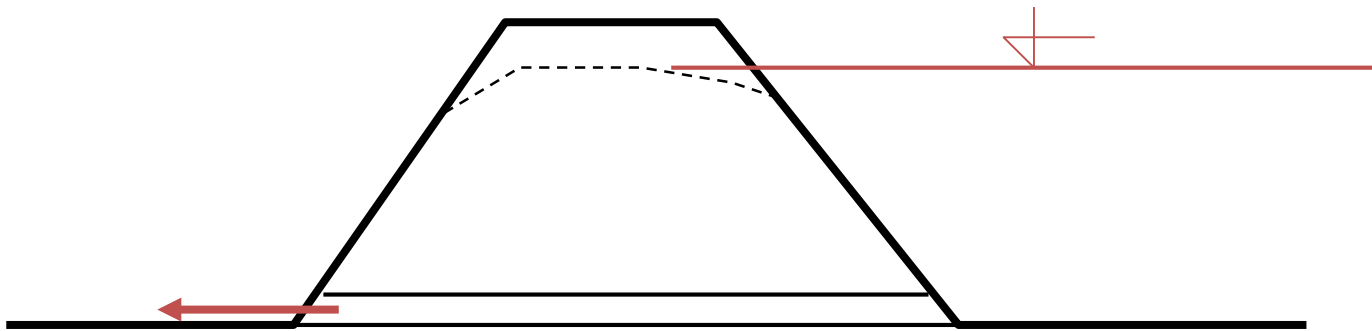
větší význam mají Suché nádrže x poldry

Suchá nádrž = průtočná, bezpečnostní přeliv

Poldr = boční, většinou bez BP

důležité hledisko: **objem** !!!!

princip suché nádrže:



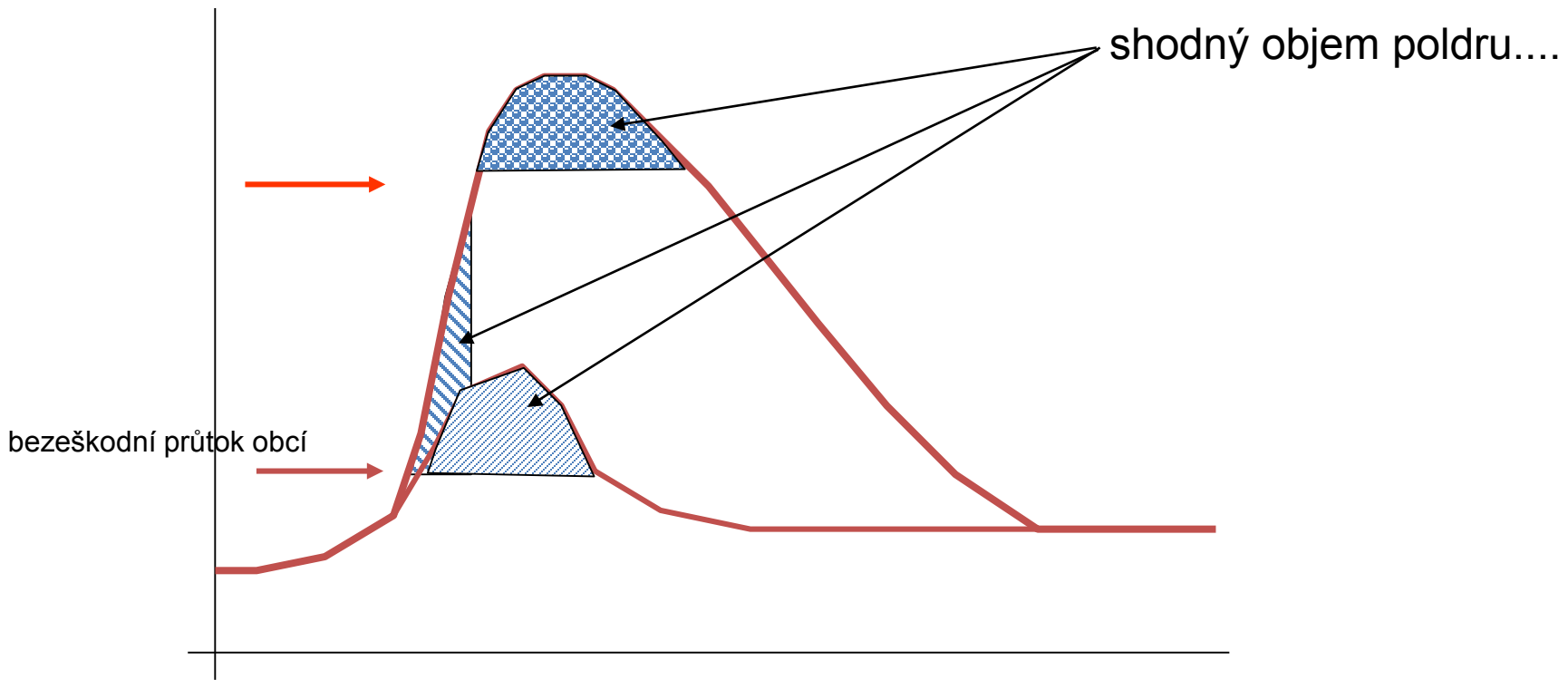
dimenzováno na neškodný průtok

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