

JAROMÍR KOLEJKA

## GEOEKOLOGICKÉ ASPEKTY ZMÍRŇOVÁNÍ POVODŇOVÝCH ŠKOD

J. Kolečka: *Geoeological aspects of flood damages mitigation*. – Geografie – Sborník ČGS, 108, 1, pp. 1–13 (2003). – The flood damages caused recently in the Czech Republic require additional measures both on rivers and in catchment areas. Cities and towns are especially interested in the protection because of their high vulnerability. Ecological (land use) and technical (reservoirs) measures are being planned in catchments to keep water in the landscape safe. The flood plain segmentation into sectors with different protective values and move of technical measures from rivers close to valuable objects and areas represent the vision of flood control downstream the rivers.

KEY WORDS: protection measures – catchment – flood.

### 1. Úvod

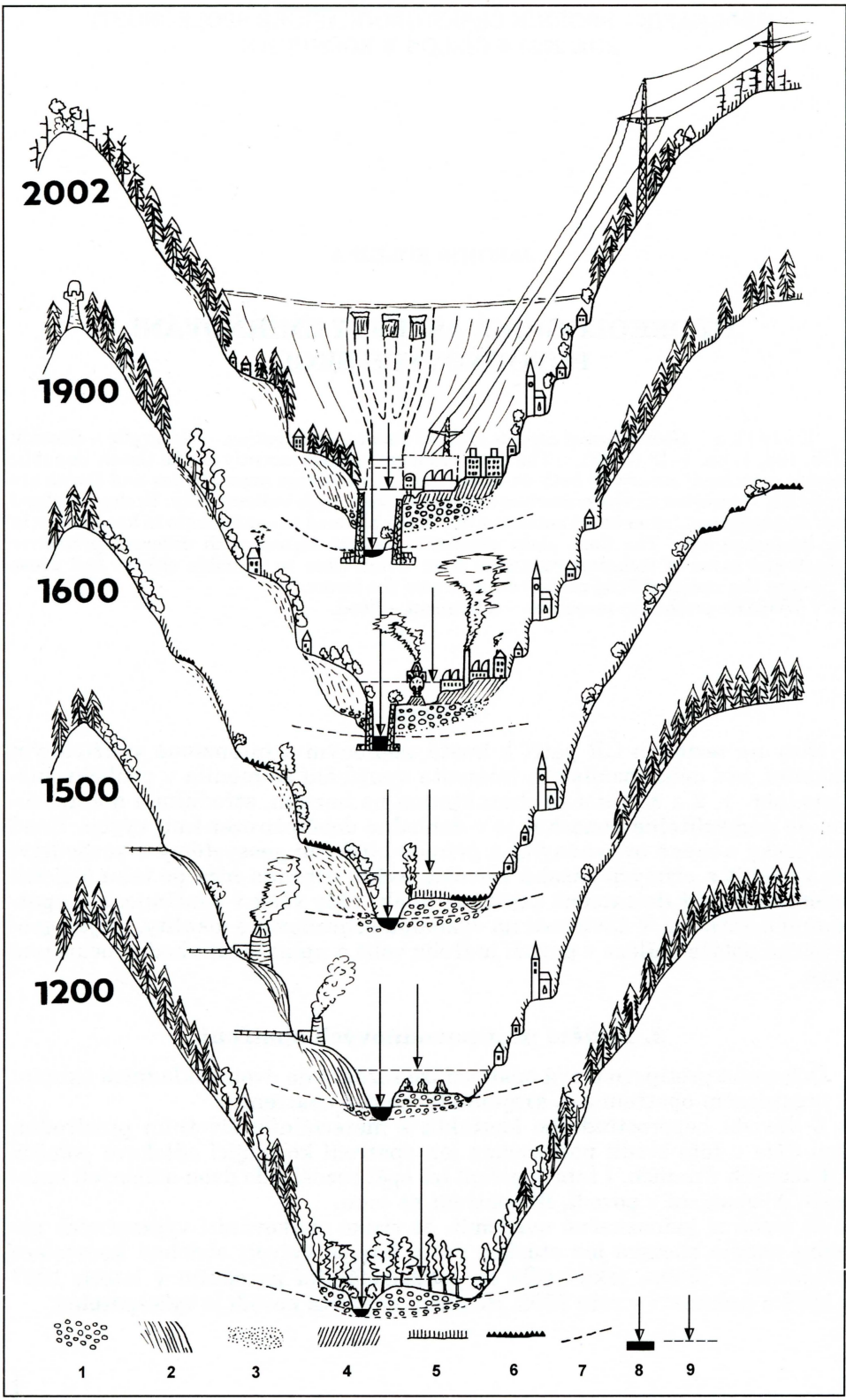
Nivy na teritoriu ČR patří k hustě osídleným a intenzívně využívaným územím, byť délka osídlení a intenzita využívání se měnila v průběhu historie (obr. 1, 2 a 3) a liší se charakterem na horním, středním a dolním toku. Je nemyslitelné ponechat je v dohledné době přirozenému vývoji. Snad jen úseky s méně ovlivněnými a přírodě blízkými geosystémy v sousedství lze vyčlenit z přímých zásahů člověka, avšak ochrana níže po toku ležících území musí být dostatečně zajištěna jinak, vždy však v součinnosti v opatřeními ostatními. V závislosti na významu ochraňované lokality, na její geografické poloze a úloze v povodí je třeba volit a uplatňovat vhodné ochranné akce.

### 2. Třídění protipovodňových opatření

Ochranná protipovodňová opatření lze rozdělit do dvou základních skupin: 1. organizační opatření a 2. krajinná technická opatření.

Z důvodu bezprostředního kontaktu s materiálním životním prostředím jsou dále v této studii posuzována jen opatření korigující odtokové poměry v dotčených územích. I tato opatření lze opět rozdělit do dvou odlišných kategorií: A) opatření v povodí, B) opatření na toku.

Je třeba si jednoznačně uvědomit, že riziko opakování i výjimečných povodní nadále zůstává jen otázkou času, kdy se vytvoří obdobná konstelace podmínek a příčin, jaká vedla ke katastrofálním povodním v letech 1997 a 1998 a nakonec i v roce 2002. Retenční kapacita povodí je vyčerpateľná.



2002

1900

1600

1500

1200

1

2

3

4

5

6

7

8

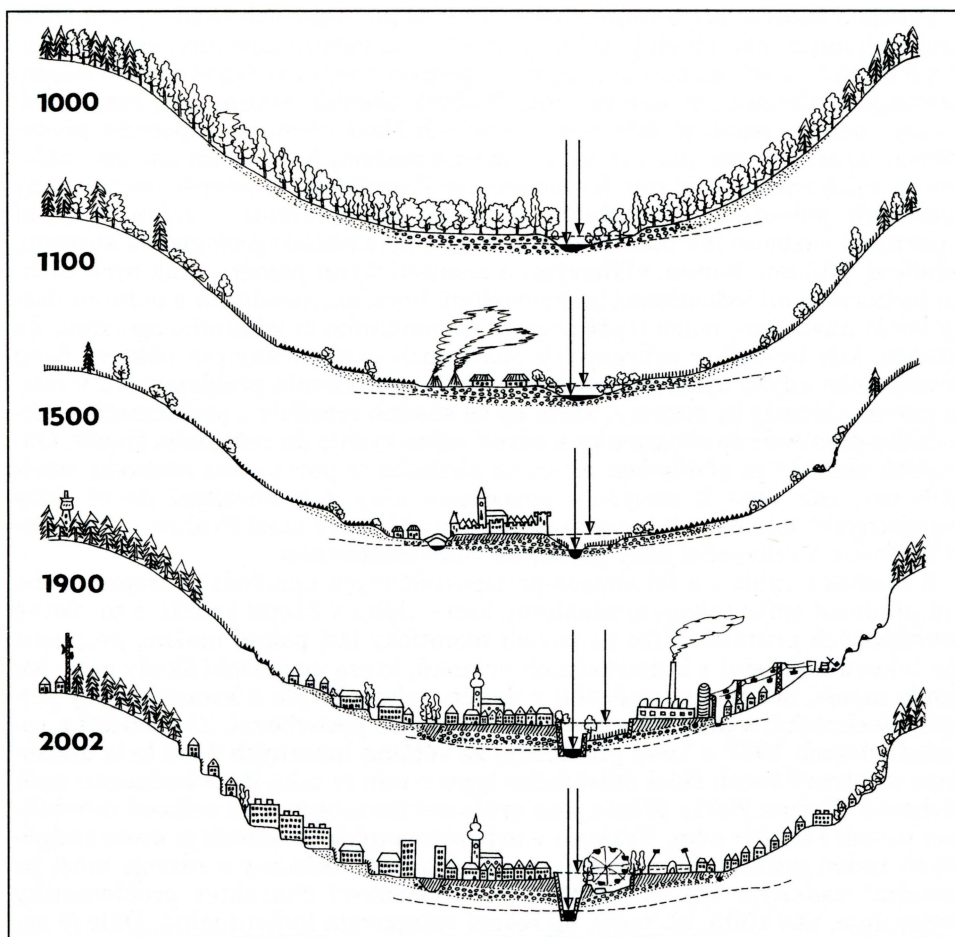
9

Problém spočívá především v tom, že o výši povodňových škod (vyjma ohrožených hodnot) nerozhoduje celkový odtok či kubatura povodně, ale jen relativně malá část tohoto odtoku, např. jen poměrně malé výškové rozpětí hladin navyšující maxima povodňové vlny. Řádově několik centimetrů, resp. decimetrů vodních stavů je příčinou rozsáhlých škod. Proto je zapotřebí především uvažovat o tom, jak s těmito poměrně malými hodnotami naložit vzhledem k jejich rozhodující roli. S ohledem na skutečnost, že povodí jsou případy ucelených jednotných teritoriálních systémů s velmi těsnými a pevnými vazbami jak mezi stavebními komponentami (geologickou stavbou, reliéfem, půdami, biotou, vláhovými a energetickými poměry), tak mezi dílčími teritoriálními jednotkami (subpovodími, horními, středními a dolními úseky toků) navzájem, nelze trpět projevy regionálního či lokálního egoismu. Za situace, kdy by byly v ochranných opatřeních preferovány jen některé části povodí nebo kdyby opatření v jednom místě vyhrocovala problematiku v místě jiném, narostly by rozpory, které by se snadno rozšířily z problematiky přírodního prostředí do ekonomiky a odtud velmi rychle do veřejného života. Obzvláště aktuálním příkladem z tohoto hlediska je povolování zástavby údolních niv, což vede k navyšení povodňové vlny a k ohrožení do té doby „bezpečných“ lokalit, jak je tomu třeba v nivě Vltavy mezi Prahou a Zbraslaví změněné z rekreační zóny postupně v urbanizovanou.

Z hlediska výběru a lokalizace protipovodňových opatření je zřejmě třeba dát přednost spíše takovým zásahům, které vláhu v území zadrží, a to včetně povodňových průtoků. Niže do povodí teoreticky lze, pokud možno, propustit jen taková množství z kulminačních průtoků, která nezpůsobí škody nebo jen škody menší, než mohou způsobit v daném místě. Že jde o komplikovaný přírodně technický, a také hodnotový systém, nelze pochybovat. Zkušenosti z povodní v letech 1997 a 1998 prokázaly, že většina hmotných škod byla způsobena v intravilánech sídel městského typu a tam je také lze v budoucnu opět očekávat (Knapp 2001). Města jsou proto zainteresována na celkové rehabilitaci povodí i toků v něm. Výzkum v urbanizovaných oblastech je proto podporován řadou grantových projektů, např. „Strategií ochrany a rozvoje měst po povodni“ zadaným GAČR 103/99/0780. Systémový charakter problematiky nedovoluje, aby sídla, vč. měst, do řešení vstupovala individuálně. Dále je zapotřebí zdůraznit, že opatření v povodí a opatření na toku v konkrétním sídle jsou principiálně víceméně vzájemně významově rovnocenná. Vklad prostřed-

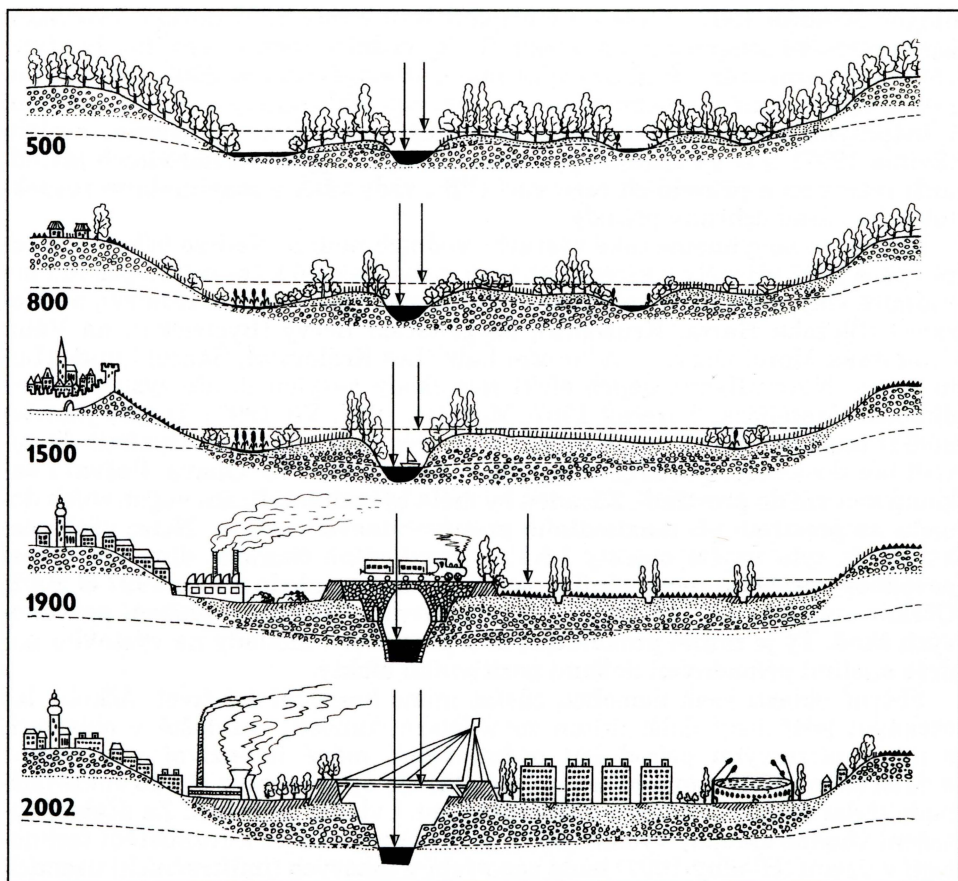
---

Obr. 1 – Vývoj využití krajiny na horním toku s odrazem na charakter povodně (zdola nahoru). Stav cca k roku 1200 – v tomto období byla horská krajina prakticky nezasazena lidskou činností, povodně zalévají krátkodobě lesnatou nivu s bočními řečišti, cca 1500 – urbanizace horských údolí je vázána na hornickou kolonizaci, masivní odlesnění a spotřeba dřeva na tavbu, výdřevu a stavby a zasypání části údolního dna zvýšilo rozlivy, cca 1600 – po vyčerpání ložisek nastalo maximální odlesnění a zemědělské (převážně extenzivní) využití ploch, minimum retenční schopnosti území podmínilo další růst povodní, cca 1900 – obnovování retenční schopnosti povodí výsadbou lesů, průmyslová a komunikační výstavba na ohrožených údolních dnech souvisí s budováním umělých navážek omezujících plošný rozliv, jen částečně kompenzovaný zahloubením a kanalizací toků, vymezený prostor toky překračují vysokými stavy za povodní, 2002 – po provedení dalších navážek a modernizované kanalizace je zúžen prostor pro rozlivy, retenční schopnost území narušení imisním poškozením lesů, přehrady neochrání před dramatickým odtokem po mimořádných srážkách, který vede k vyklizení navážek a objektů podél toků. 1 – štěrkopisky, 2 – haldy z těžby surovin, 3 – svahové a aluviální hlíny, 4 – navážky, 5 – louky a pastviny, 6 – orná půda, 7 – normální hladina podzemní vody, 8 – normální úroveň hladiny v toku, 9 – úroveň hladiny za povodně).



Obr. 2 – Vývoj využití krajiny na středním toku s odrazem na charakter povodně (shora dolů). Stav cca k roku 1000 – v tomto období byla podhorská krajina prakticky nezasažena lidskou činností, povodně zalévají krátkodobě lesnatou nivu, na bezpečných místech u vody jsou doprovázena klučením lesa v nevelkém okruhu a terasovitým rozoráváním hlubších půd na úpatích, niva odlesněna a extenzivně využita, povodně mírně zvýšeny poklesem retenční schopnosti povodí, cca 1500 – na bezpečných místech založena města obehnaná vodním příkopem a prohloubeným řečištěm, masivní odlesnění v okolí urychlilo odtok a zvýšilo hladinu povodně, nivy travnaté snadno provádějící vysokou vodu, cca 1900 – tok kanalizován, navážky pro obytnou a průmyslovou zástavbu zúžily rozlivový prostor, příkopy zasypány, zalesňování v okolí nebrání rychlému odtoku a vysokém vzestupu hladiny za povodně, 2002 – modernizace protipovodňových opatření spojená se zahlobením a zkapacitněním ohrázených řečišť vede k poklesu opatrnosti v přílehlé nivě, zastavované často zábavními, sportovními a obytnými objekty na místě starších průmyslových demolicí, vysoké rozlivy působí značné škody v nákladných objektech, tok atakuje také ochranné objekty.

ků do protipovodňové ochrany by měl být úměrný ochraňovaným hodnotám. Mimo jiné i z tohoto důvodu města nemohou zanedbávat či přehlížet některé nedostatky v povodí, byť jsou administrativně lokalizovány mimo jejich příjmovou jurisdikci. Opatření v povodí i na tocích se týkají rozdílným způsobem sběrných oblastí (horních částí povodí) a inundačních území.



Obr. 3 – Vývoj využití krajiny na dolním toku s odrazem na charakter povodně (shora dolů). Stav cca k roku 500 – v tomto období byla rovinatá krajina prakticky nezasažena lidskou činností, povodně zalévají krátkodobě širokou lesnatou nivu s četnými vedlejšími a slepými rameny, cca 800 – vyklučení nejvyšších poloh nivy pro extenzivní využití venkovským obyvatelstvem usazeným na terasových vyvýšeninách nad okrajem nivy, počátek zanášení nivy splachy z okolí vede k mírnému zvýšení povodně, cca 1500 – maximální odlesnění povodní a nivy s nejnižší retenční schopností vede k intenzivnímu zanášení nivy, zvýšení povodní a podmáčení slabě drénovaných areálů, cca 1900 – kanalizace toků, odvodnění nivy a její intenzivní obdělávání vede k jejímu maximálnímu zapojení do ekonomiky, průmyslové objekty a manipulační plochy sestupují do nivy protkané komunikačními objekty zpmalujícími odtok, 2002 – zkapacitněných ohrázených řečišť otevřelo odvodněnou nivu intenzivnímu zastavování moderními průmyslovými, zábavními a sportovními objekty a sídlištní obytnou zástavbou, nadnormativní povodně působí v prostoru naplněném překážkami velké škody ve všech typech objektů a ukládají velké množství sedimentů.

### 3. Opatření ve sběrných oblastech

Obecným požadavkem kladeným na sběrnou oblast z hlediska protipovodňové ochrany je zvýšení její retenční schopnosti. Je známo, že nejvyšší retenci vykazují plochy se smíšenými lesními porosty (Lukáč 1999). Logicky se pak tedy jeví jako optimální opatření zalesňování horních částí povodí (Marhoun 1997). Zde by se pak mohla uplatnit vysoká retenční schopnost humusu (Rei-

dinger, Kremsa 1997). Ovšem i v případě lesů v roce 1997 došlo k vyčerpání jejich retenční schopnosti a ani lesní úseky vodních toků se nevyhnuly projevům intenzivní eroze. Poslední výzkumy prokazují (Kantor 2003, ústní sdělení), že větší retenční schopnost přesto vykazují jehličnaté porosty ve srovnání v listnatými. Nezbytným se proto jeví další pokračování v hrazení bystřin (Švihla 1997), a to i v chráněných územích, byť s výjimkou národních přírodních rezervací a přírodních rezervací (PR), vždy však v maximálním respektování zásad ochrany přírody.

Zřejmě se nevyhne také výstavbě vodních nádrží. Nádrže během povodní v roce 1997 přispěly k jistému útlumu, nebo alespoň k časovému posunu povodňové vlny, zejména v beskydské části povodí Odry (Šance, Hamry), na Moravici (Slezská Harta, Kružberk), na přítocích Bečvy (Bystrčička), na Váhu (Liptovská Mara, Orava), na horním Labi (Les Království, Šance) i jinde (Luhačovice, Nové Mlýny). Jejich efekt sice škody nevyloučil, ale významně redukoval (Matějček, Tureček 1997, Maníček 1997, Vít 1997). Další výstavba nádrží musí být dobře promyšlená, co se týče širší lokalizace (umístit do povodí bez dosavadní povodňové regulace – horní Morava, Opava, Bečva) i zakomponování do prostředí. Zásadou by měla být minimalizace negativních dopadů na prostředí při maximálním protipovodňovém efektu. Nelze však očekávat, že tyto umělé objekty lokální, maximálně chorické dimenze vyřeší povodňový problém regionálního rozměru, jak tomu bylo v roce 1997 či 2002. Očekávaný efekt lze spatřovat v perspektivním částečném snížení povodňových škod. Ty je nutno prokalkulovat a porovnat s náklady na výstavbu nádrže a jejími případnými dalšími pozitivními efekty.

Sběrné oblasti však nemohou zůstat mimo hospodářský život. Ačkoliv lze očekávat ještě jistý další útlum zemědělské činnosti, obzvláště v oblastech s méně příznivými přírodními podmínkami, méně intenzivní zemědělství a další ekonomické i mimoekonomické aktivity společnosti v těchto enklávách bude třeba nadále rozvíjet a podporovat, mj. i vládní politikou. Za účelem dosažení vhodné skladby využití ploch, parcelace pozemků a rozmístění technologií v území (Hladný 1997) bude zapotřebí v takových (infiltračních) územích provést taxativní vymezení ploch pro konkrétní typy využívání, resp. omezení (Kvítek, Mazín, Fišerová 1997). Sladění hospodářské efektivity s ekologickými a protipovodňovými potřebami v území lze provést pomocí hodnotících technologií při zpracování digitálních integrovaných dat na bázi potenciálu území a technologie GIS (Kolejka, Pokorný 1999). V procesu zvyšování retenční schopnosti sběrných území lze využít i budování ekologické stabilizační sítě (územních systémů ekologické stability – ÚSES), zejména vhodným rozmístěním biocenter a biokoridorů. Dosavadní praxe není zatím zcela uspokojivá, neboť zákon č. 114/92 Sb. o ochraně přírody a krajiny ve stávající úpravě nedefinuje povodňovou odpovědnost orgánů ochrany přírody, ani protipovodňový význam ÚSES, ani dopady chráněných území na charakter povodní (Macoun 1997). Lze se domnívat, že přírodní způsoby protipovodňové ochrany, a to i ve sběrných oblastech, lze efektivně využít jen v přírodě blízkých územních celcích (Šnopl 1997). Takové jsou v podmínkách ČR velmi vzácné a v převažující osídlené kulturní krajině je návrat k přírodním poměrům omezený.

Přes dosavadní laickou kritiku bude vhodné udržovat, případně doplňovat systémy regulační drenáže (Kulhavý 1997). Bude však nezbytné korigovat důvody jejich tvorby a fungování ve prospěch podpory a udržení polyfunkčnosti území, v němž dojde k omezení intenzivně obdělávaných pozemků (velké parcely orné půdy) a těžiště se přesune k extenzivnějším formám zemědělství a k pestřejšímu patternu (mozaice) funkčních ploch.

Součástí mozaiky funkčních ploch byly, jsou a budou břehové porosty. Jejich vhodný habitat (Zuna 1997), údržba, případně i těžba (Herynek 1997, Veselý, Maleňák 1997) bude zřejmě předmětem diskusí se záměry ochrany přírody, mj. v souvislosti v probíhajícím programem revitalizace toků. Revitalizace toků bude zapotřebí dimenzovat na větší návrhové průtoky, než se doposud uvažovalo (Soukup 1997). Sladění otázek revitalizace toků, tvorby ÚSES, existence stabilizačních břehových porostů a protipovodňové ochrany zejména sídel představuje zatím nedostatečně řešený problém.

#### 4. Opatření v inundačních územích

Nivy jsou přirozeným inundačním územím. Jejich převážně plochý reliéf vznikl právě akumulací činností toků, která předpokládá výrazný pokles uanášecí energie toku a delší (v závislosti na ukládané frakci) období setrvání vody v prostoru. V souvislosti v urbanizačním a hospodářským rozvojem území přiléhajících ke středním a dolním tokům řek došlo sice k výraznému omezení povodňových rozlivů, ale také k výskytu povodní, resp. povodňových průtoků v dříve neregistrovaných místech. Průchody urbanizovanými územími byly dimenzovány na určité průtoky. Nedávné „nadkapacitní“ průtoky vedou k přehodnocení názoru na další využití inundačních území.

Prvním opatřením, vedoucím k lepšímu managementu záplavového území, je jeho přesné vymezení. Nabízejí se tři možnosti, jak se zhostit tohoto úkolu:

- a) Důkladným zmapováním fenoménů vázících se těsně na proces inundace, např. pomocí bio-, pedo- a geoindikátorů. Jde o stanovení rozsahu „přirozeného“ inundačního území (Sovjáčková, Reidinger 2000).
- b) Využití důkladného zaměření terénu a znalostí o výšce vodní hladiny ve zdrojovém toku ve spojení v modelačními technikami (Babiaková a kol. 2000, Knap 2000).
- c) Spolehlivé zmapování skutečných inundací v době maximálních vodních stavů (Dolanský, Jakš, Kolář 1999).

V prvním případě však dosavadní rezervy spočívají v tom, že tematická mapování jednotlivých uvedených přírodních složek (odpovídají indikátorům) jsou obvykle vzájemně nekompatibilní (výsledky vzájemně nelicují na sebe) z důvodu jak použití rozdílných kritérií pro stanovení příslušnosti lokality k nivě a jejich významu, tak z rozdílů ve zkušenostech tvůrců. Dalším problémem je použitelnost technologie přírodních indikátorů (zejména půdy – Hladný 1999) v člověkem silně ovlivněné krajině v četnými antropogenními překážkami odtoku.

Druhý postup je technicky dokonalejší a zdánlivě přesnější, neboť vychází z přesného zaměření terénu a významnějších terénních překážek (Tůma, Bíza, Hroudová 1999, Valenta, Valentová 1999). Nepočítá však s prostorovou proměnlivostí účinku jak stabilních, tak sezónních faktorů (nasycenost půd a geologického podloží, fenologické fáze vegetace, drsnost povrchu aj.).

Mapování reálných inundací v době maximálních rozlivů bylo prováděno spíše nahodile než systematicky (Šebesta 1999). Rovněž letecké snímkování v srpnu 2002 prováděné v záplavových územích brněnskou společností GEODIS nemohlo všude postihnout maximální rozlivy (Kolejka 2002). Zda registrované rozlivy jsou skutečně maximální, je v mnoha případech sporné. Přesto však jde o relativně nejspolehlivější vymezení záplavového území a jako takové je dobře využitelné v ÚP sídel (Brych, Ditttrt, Eliáš 1999; Šilar 1999). Jinou možností je využití leteckých nebo družicových (radarových)

snímků (Kolář 1997). V obou případech zachycují konkrétní inundaci, která nemusí být maximální. K tomu přistupují problémy spojené v interpretaci těchto údajů v areálech se vzrostlou vegetací, mnohdy maskující skutečný rozsah záplavy.

V každém případě je zapotřebí provést sektorování inundačního území, a to především s ohledem na dva aspekty:

- a) Podle přirozené diferenciacie nivy, které se může do značné míry přizpůsobit antropogenní využití ploch. Jednotlivé části nivy (s vlastnostmi modifikovanými hladinou podzemní vody a její sezónní dynamikou, případně procesy probíhajícími za inundace), např. agradační valy, porýžní roviny, sedimentační pánve aj. vyhovují různým hospodářským aktivitám člověka. Podle jejich potenciálu lze provést přesnější delimitaci území a jednotlivým typům území přiřadit, s ohledem na možnou formu inundace, nejvhodnější funkce. Stávající využití ploch bude ovšem možné jen částečně přizpůsobit optimálnímu. Sídelní síť a technická infrastruktura jsou mj. víceméně nezměnitelné.
- b) Podle hodnoty ochraňovaných prostorů, v nichž čelné postavení mají centra osídlení, specifické výrobní provozy, komunikace, případně další významné objekty (historické, zdravotnické apod.). Na rozdíl od předchozího členění nivy zde mohou významnou roli sehrát partikulární zájmy, které díky individuální, skupinové či regionální motivaci mohou celý proces výrazně subjektivizovat. Na rozdíl od situace např. v USA nelze počítat s postupným stavebním vyklizováním nivy.

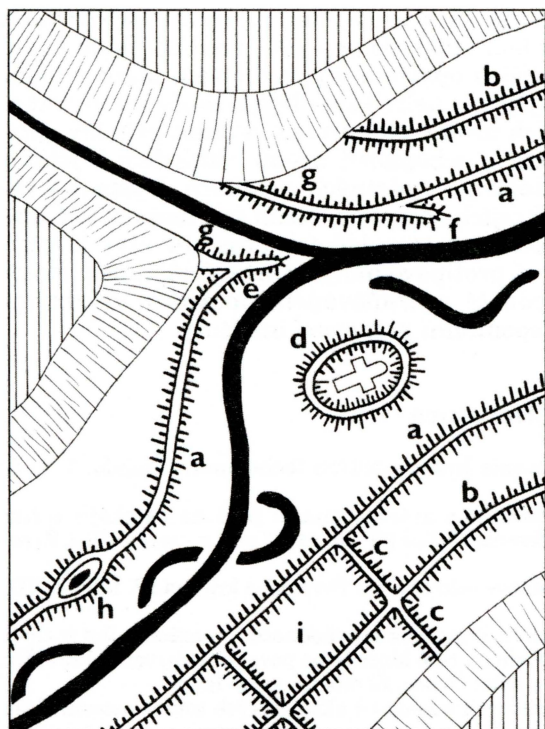
Pokud se pozornost zaměří na stabilní objekty uvedených kategorií, lze vhodným způsobem kombinovat přírodní a hodnotové sektorování nivy. Jednotlivým sektorům pak bude odpovídat míra protipovodňové ochrany, pro kterou budou vybudovány a upraveny technické či jiné prostředky.

V nejnižší části nivy, tj. obvykle v řečišti hlavního toku bude zapotřebí nadále provádět korytové regulace s cílem návratu alespoň k předpovodňovým parametrům, pokud to bude ekonomicky a ekologicky účelné (Maníček 1997). Jiné terénní deprese bude vhodné přenechat umělým či obnovujícím se mokřadům (Kulhavý 1997, Marhoun 1997). Nižší části porýžních akumulčních rovin lze ještě efektivně využít pro trvalé travní porosty či pícniny na orné půdě (Kulhavý 1997, Machar 1997, Marhoun 1997). Vyvýšené části nivy dále od toku mohou nadále sloužit jako orná půda, neboť riziko záplav je tam dostatečně kompenzováno vysokou produktivitou půdy mimo období jejich výskytu.

Během povodně v roce 1997 se jako velmi účinná forma protipovodňové ochrany osvědčil suchý poldr na soutoku Moravy a Dyje (Polenka 1997, Kadeřábková 1997, Marhoun 1997, Reidinger, Kremsa 1997). Suché poldry, ohrázené prostory nivy, kde probíhá dočasná regulovaná inundace a pozdržení kulminačního povodňového objemu, bude zřejmě vhodné vybudovat na několika tocích (Mohelnice na Moravě, Teplice nad Bečvou). Otázkou zůstává, zda podobné dočasné inundace prodloužit v prostorech jmenovitě chráněných úseků nivy, resp. lužním lese, např. obnovou tzv. selských hrází v Litovelském Pomoraví (Machar 1997). Diskutabilní je především reakce chráněných ekosystémů nivy na tuto formu posilování retenční schopnosti nivy.

Suché poldry a jednotlivé sektory nivy s odstupňovanou protipovodňovou ochranou musí být vybaveny zařízeními pro regulovanou inundaci, včetně odvodňovacích příkopů, aby po kulminaci povodně bylo možné dočasně akumulovanou vodu bezpečně převést zpět do toku (Tlapák 1997). Kde to jen bude možné, bude zapotřebí, a to především kolem sídel, vybudovat odlehčovací kanály (Reidinger, Kremsa 1997, Tlapák 1997), nebo alespoň zatravněná povodňová ko-





Obr. 4 – Typy ochranných hrází a objektů v inundacemi ohroženém území. Vysvětlivky: a – hlavní hráz obvodová, b – vedlejší hráz, c – spojovací hráz, d – okružní hráz, e – výhon, f – usměrňovací hráz inklináční, g – boční (zpětná) hráz, h – „mokrý“ poldr, i – „suchý“ poldr.

1997, Vanýsek 1997). Především ty se často upávaly nahromaděným plovoucím dřevem, obvykle z neudržovaného vegetačního doproduktu toků.

Optimálně fungující protipovodňový systém by pak reagoval na vzrůstající povodňové nebezpečí postupným zaplňováním vyhrazených prostorů (nádrží, poldrů). Po vyčerpání jejich kapacity postupným řízeným zaplavováním jednotlivých sektorů nivy. S cílem zvýšení retenční kapacity „bezpečných“ sektorů se uvažuje i o zvýšení nivelety vybraných příčných komunikací (Knapp 2000). Naopak sídla a cenné objekty by bylo zapotřebí uchránit před záplavami vysoce dimenzovanou ochranou (ohrazováním) spojenou s rychlým průchodem kulminačního průtoku připravenými kapacitními koridory (upravená koryta, odlehčovací kanály, ...). Inundace by pak byly vědomě usměrněny do území nad a pod sídlem (viz Šebesta 1999). Bezpečný průchod vody těmito koridory by vyžadoval také příslušnou stabilizaci dna (Bláha 1997) a odstranění všech možných zdrojů znečištění z plánovaného i rizikového dosahu inundace (Blažek 1997).

## 5. Závěr

Všechna protipovodňová opatření mají jen dílčí účinky. Žádné z nich nemůže samo o sobě zamezit všem povodňovým škodám. Nadějný výsledek však

ryta (Machar 1997), např. kolem Litvle, Olomouce, Přerova aj.

Sektorování nivy, korytové regulace, výstavba suchých poldrů a regulované inundace kombinují vyváženě ochranu celého inundačního území po určité maximální mez s cílenou, rovněž dimenzovanou ochranou vybraných částí nivy (obr. 4). Všeobecnou tendencí je přemísťování ochranných hrází od břehů toků k předmětům ochrany (Reidinger, Kremsa 1997). U vybraných objektů nebo urbanizovaných souborů pak může v krajních případech jít o kruhovou ochranu. Preferována budou centra osídlení (Novotný a kol. 1999).

Výrazného přehodnocení se zřejmě dočkají liniové stavby v nivě (viz obr. 1, 2 a 3). Jednak byly silně povodní mechanicky poškozeny a jednak způsobily zvýšené soustředění vody a po svém narušení i vznik průlomové vlny s ničivým účinkem. Proto bude zejména zapotřebí předimenzovat propusti a mosty v nich (Fousek, Slavík 1997, Löw 1997, Maníček 1997, Šnopl

mohou dát rozmanitá, systémově pojatá a propojená opatření. Integrovaná protipovodňová ochrana (Buček a kol. 1998, Knapp 2000) nabízí jistou šanci pro zavedení ekologicky přijatelnějších opatření v povodňovém managementu. Technickým řešením se však vyhnout nelze vzhledem k současné struktuře využívání sběrných i záplavových území. Nelze však vkládat přílišný optimismus ve výrazné navýšení retenční schopnosti území, vzhledem k jejímu omezenému vlivu na regulaci odtoku po vydatných srážkách. Výstavba retenčních nádrží, resp. poldrů na okrajích sběrných území tak nemusí být zcela vyloučena. Naopak selektivní ochrana inundačních prostorů nivy je zřejmě nezbytností. Cílem přednostní protipovodňové ochrany zůstanou městská sídla vzhledem k vysoké hodnotě ochraňovaného majetku. Vhodnými nástroji realizace opatření jsou disponibilní plánovací instituty.

## Literatura

- BABIAKOVÁ, G. a kol. (2000): Modelovanie hydrologických fenoménov. *Geoinfo*, 7, č. 5, s. 16-19.
- BLÁHA, J. (1999): Vliv přírodních podmínek a antropogenních jevů na odtokový režim a rozsah škod při povodních. In: *Konference Orlice 99. Sdružení obcí a měst Orlice, Žamberk*, s. 28-30.
- BLAŽEK, V. (1997): Stálý program povodňové ochrany. In: *Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno*, s. 9/11-15.
- BRYCH, K., DITTRT, F., ELIÁŠ, V. (1999): Příspěvek k vyhodnocení maximálního rozlivu a měrných křivek na Tiché a Divoké Orlici a řece Moravě po povodni v červenci 1997. In: *Konference Orlice 99. Sdružení obcí a měst Orlice, Žamberk*, s. 99-106.
- BUČEK, A. a kol. (1998): Analýza povodňových událostí v ekologických souvislostech. *Unie pro řeku Moravu, Brno*, 81 s.
- DOLANSKÝ, P., JAKŠ, M., KOLÁŘ, V. (1999): GIS ve vodním hospodářství. *Geoinfo*, 6, č. 5, s. 4-7.
- FOUSEK, J., SLAVÍK, J. (1997): Výchozí stanovisko rozhodne o úspěšnosti asanace. In: *Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno*, s. 7/38-41.
- HERYNEK, J. (1997): Vodohospodářské a lesotechnické meliorace a jejich vliv na průběh povodní. In: *Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno*, s. 4/1-3.
- HLADNÝ, J. (1997): K otázkám katastrofické povodňové situace v červenci 1997. In: *Povodně a krajina 97, ICID-CIID, Brno*, s. 2/1-5.
- HLADNÝ, J. (1999): Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. In: *Konference Orlice 99. Sdružení obcí a měst Orlice, Žamberk*, s. 6-15.
- KADERÁBKOVÁ, J. (1997): Význam nádrží a poldrů při červencové povodni v povodí Moravy a Dyje. In: *Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno*, s. 6/49-54.
- KOLEJKA, J. (2002): GEODIS BRNO zpřístupnil povodňový geoinformační server veřejnosti. [www.geoinfo.cz](http://www.geoinfo.cz) (11. 09. 2002).
- KNAPP, R. (2000): Protipovodňová ochrana. Zátopová území řek Moravy a Bečvy. *Geoinfo*, 7, č. 6, s. 28-32.
- KNAPP, R. (2001): Analýza povodní v GIS. *Geoinfo*, 8, č. 4, s. 24-25.
- KOLÁŘ, J. (1997): Využití družicových dat ke sledování záplav. In: *Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno*, s. 8/34-38.
- KOLEJKA, J., POKORNÝ, J. (1999): Využití integrovaných digitálních dat v územním plánování na bázi krajinného potenciálu. In: *Integrace prostorových dat – Olomouc 99. Sborník příspěvků, Univerzita Palackého, Olomouc*, s. 51-61.
- KULHAVÝ, F. (1997): Možnosti krajinných meliorací ovlivnit průběh povodní u nás. In: *Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno*, s. 4/28-32.
- KVÍTEK, T., MAZÍN, V., FIŠEROVÁ, E. (1997): Využití půdního fondu ČR ve vztahu k retenci vody v krajině. In: *Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno*, s. 3/12-16.
- LÖW, J. (1997): Urbanistická reflexe povodí. In: *Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno*, s. 8/9-13.
- LUKÁČ, J. (1999): Analýza povodňovej situácie v povodí Malej Svinky. *Lesoochranské zoskupenie VLK, Prešov*, 4 s.

- MACOUN, Z. (1997): Možnosti protipovodňové ochrany v horských oblastech. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 7/13-19.
- MACHAR, I. (1997): Protipovodňový význam přirozené údolní nivy a návrh optimalizace její protipovodňové ochranné funkce na modelovém příkladu Litovelského Pomoraví. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 5/30-35.
- MANÍČEK, J. (1997): Zhodnocení průběhu a důsledku povodní v červenci 1997 na vodních tocích ve správě Povodí Odry a. s. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 5/10-14.
- MARHOUN, K. (1997): Úpravy toků a inundačních území a jejich vliv na průběh povodní. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 5/46-52.
- MATEJÍČEK, J., TUREČEK, B. (1997): Úpravy toků a inundačních území a jejich vliv na průběh povodní. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 5/1-9.
- NOVOTNÝ, S. a kol. (1999): Povodí Moravy. Výroční zpráva 1998. Povodí Moravy, a. s., Brno, 54 s.
- POLENKA, E. (1997): Koncepce ochrany proti povodním a návrh technických opatření k minimalizaci škodlivých účinků v ucelených povodích Moravy, Odry a Labe. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 9/28-39.
- REIDINGER, J., KREMSA, J. (1997): Analýzy a návrh zlepšení povodňové ochrany v ČR. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 9/1-10.
- SOVJÁKOVÁ, E., REIDINGER, J.: Povodňový management, informace, poznání rizik. In: Současnost a budoucnost krizového managementu. VŠE/T-Soft, Praha 2000, s. 27/1-7.
- SOUKUP, M. (1997): Vodohospodářské a lesotechnické meliorace a jejich vliv na průběh povodní. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 4/4-7.
- ŠEBESTA, M. (1999): Záplavová území. In: Konference Orlice 99. Sdružení obcí a měst Orlice, Žamberk, s. 53-57.
- ŠILAR, P. (1999): Protipovodňová opatření v územním plánu města Letohrad. In: Konference Orlice 99. Sdružení obcí a měst Orlice, Žamberk, s. 119-121.
- ŠNOPL, J. (1997): Povodně 1997 a úpravy vodních toků. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 5/15-18.
- ŠVIHLA, V. (1997): Příspěvek k řešení problému lesního vodního hospodářství. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 3/27-31.
- TLAPÁK, V. (1997): Vliv meliorací na ochrannou a produkční funkci krajiny a jejich možný vliv na průběh povodní. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 4/18-22.
- TŮMA, A., BÍZA, P., HROUDOVÁ, S. (1999): Správa vodních toků prostředky GIS. In: Integrace prostorových dat – Olomouc 99. Sborník příspěvků, Univerzita Palackého, Olomouc, s. 165-174.
- VALENTA, P., VALENTOVÁ, J. (1999): Dvourozměrný matematický model – prostředek k hodnocení antropogenní činnosti v inundačním území na průchod povodní. In: Konference Orlice 99. Sdružení obcí a měst Orlice, Žamberk, s. 107-111.
- VANÝSEK, P. (1997): Provádění zabezpečovacích prací a odstraňování povodňových škod na korytech vodních toků. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 7/27-30.
- VESELÝ, J., MALEŇÁK, J. (1997): Pohyb sedimentů v tocích. Terénní průzkum a zhodnocení jako podklad pro pozorovatele. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 5/42-45.
- VÍT, P. (1997): Přehrady a povodně. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 6/55-58.
- ZUNA, J. (1997): Řešení povodňových škod v potočnických a bystřinných korytech a nivách. In: Povodně a krajina 97. ICID-CIID, Brno, s. 7/12-46.

## Summary

### GEOECOLOGICAL ASPECTS OF FLOOD DAMAGES MITIGATION

Different protection measures have to be applied in the Czech Republic after the disastrous flood damages in 1997, 1998 and 2002. The highest damages were registered in cities and towns. Water keeping ability of areas has to be improved in the upper parts of catchments (Fig. 1) using reforestation, land reform, completing ecological stability systems, agriculture shift to a more extensive production and construction of multifunctional reservoirs. The local or landscape measures are not expected to protect successfully against high, e.g. regional flood causes. The middle sections of rivercourses (Fig. 2) are endangered by short and fast floods. Passive control can include the correct indication of possibly flooded areas where some human activities have to be limited, e.g. using differentiated policy of insurance companies. The lowland areas (Fig. 3) face selective

flood protection. The flood plain segmentation into sectors with different protection level and use will serve as a passive measure. Dams, derivation canals and other technical water management (Fig. 4) will be shifted from rivers close to the most valuable objects and areas. In opposite, water keeping facilities, e.g. dry polders for controlled seasonal inundation, have to be completed in more distant locations if they should fit nature and landscape protection requirements. Some corrections will be related to linear objects in the flood plain because of their barrier role during flooding. More suitable bridges on roads and railroads are necessary. A consequent city rebuilding heading to safe areas out of the flood plain can be supported by the land market if even the present planning mechanisms will be applied for selection development areas and axes. In any case, the population has to be educated how to cope with the flood situation as a normal event in river flood plains.

Fig. 1 – Landuse development upstream reflecting the flood character (bottom-up). Situation about the year 1200 – in this period the mountain landscape was practically untouched by human activities, high water flooded for a short time the forested floodplain with lateral riverbeds; about the year 1500 – urbanization of mountain valleys is bound to miners colonization; massive deforestation and wood consumption is bound to smelting, timbering and building; filling of a part of valley bottom increased overflowing, about the year 1600 – after exhaustion of deposits maximal deforestation and agricultural (mostly extensive) landuse, minimal retention ability of the catchment caused a further increase of inundation; about the year 19000 – restoration of the retention ability of the territory by planting forests; industrial and communication structures in affected valley bottoms are connected with artificial backfill limiting the area overflowing, only partly compensated by deepening and canalization of streams; the streams exceed the limited area by high water levels during floods; 2002 – after further backfill and modernization of the canalization system the areas for overflowing is limited; retention ability of the territory is affected by deterioration of forests by immmissions, dams cannot prevent dramatic outflow after exceptional rainfalls which leads to elimination of backfill and buildings along the course. 1 – pit-run gravel, 2 – waste piles, 3 – slope and alluvial loams, 4 – backfill, 5 – meadows and pastures, 6 – arable land, 7 – normal level of underground water, 8 – normal water level of stream, 9 – water level during floods.

Fig. 2 – Landuse development at the middle river course reflecting the flood character (up-bottom). Situation about the year 1000 – in this period the submontane landscape was practically untouched by human activities, high water flooded for a short time the forested floodplain; about the year 1100 – new village settlements in safe places near water are accompanied by forest clearing in the near neighbourhood and by terrace ploughing of deeper soils at foothills; the floodplain is deforested and extensively used, floods slightly higher due to a diminution of the catchment retention ability; about the year 1500 – in safe places foundation of towns surrounded by moat and deepened river bed; massive deforestation in the surroundings accelerated the outflow and increased the flood level; grassed floodplains easily passed through high water; about the year 1900 – the stream is canalized, backfill for residential and industrial structures narrowed the overflowing area; moats are filled; afforestation in the surroundings does not prevent a rapid outflow and a high increase of water surface during floods; 2002 – modernization of flood control measures connected with a deepening and increase of the capacity of the dammed river beds leads to less wariness in the adjacent floodplain often built up by recreation, sport and residential structures in the places of former industrial demolitions; high outflows cause significant damages in expensive structures; the stream attacks also protective objects.

Fig. 3 – Landuse development downstream reflecting the flood character (up-bottom). Situation about the year 500 – in this period the flat landscape was practically untouched by human activities, high water flood for a short time the wide forested floodplain with numerous secondary and cut-off lakes; about the year 800 – forest clearing of the highest positions of the floodplain for extensive usage by rural population settled on terrace elevations above the floodplain border; beginning of silting of the floodplain by overland flows leads to a slight increase of floods; about the year 1500 – maximal deforestation of the catchment and of the floodplain with the lowest retention ability leads to an intensive silting of the floodplain, to higher

floods et to waterlogging of poorly drained areas; about the year 1900 – canalization of streams, drainage of the floodplain and its intensive cultivation leads to its maximal integration to the economy; industrial structures and manipulation areas descend to the floodplain interlaced with communication objects slowing the outflow; 2002 – increase of the capacity of the dammed riverbeds opened the drained floodplain to an intensive building up by modern industrial, recreation, sport and residential structures; high floods cause in the area filled by obstacles substantive damages in all types of structures and deposit a high quantity of sediments.

Fig. 4 – Types of protective dams and objects in areas menaced by inundation: Key: a – main perimeter dam, b – secondary dam, c – binding dam, d – circumference dam, e – offspring, f – rectifying inclination dam, g – side (back) dam, h – wet polder, i – dry polder.

*(Pracoviště autora: katedra geografie Pedagogické fakulty MU, Poříčí 7, 626 00 Brno.)*

*Do redakce došlo 21. 11. 2002*