



Hnutí DUHA
Friends of the Earth Czech Republic

Vliv hospodaření v krajině na průběh a účinek povodní: přehled problémů a doporučená opatření

Studie Hnutí DUHA – leden 2004



A › Hnutí DUHA, Bratislavská 31, 602 00 Brno
T › 545 214 431
F › 545 214 429
E › info@hnutiduha.cz
www.hnutiduha.cz

Vydalo › Hnutí DUHA, leden 2004
Text › Ondřej Simon, Martin Sucharda
Sazba › Leoš Knotek
Tisk › AZ Color Print Brno

ISBN › 80-86834-04-2

Vytištěno na recyklovaném papíře.

Zpracování a vydání této studie umožnila laskavá finanční podpora programu MATRA – KAP.

Při přípravě této studie radou i pomocí přispěli především › Ing. Zdeněk Hrubý, Ph.D., Ing. Petr Jelínek, Ph.D., Ing. Ivo Dostál, Ing. Vladimír Krečmer, CSc., Prof. RNDr. Karel Prach, CSc., Doc. RNDr. Hubert Kříž, DrSc.



Hnutí DUHA
Friends of the Earth Czech Republic

Vliv hospodaření v krajině na průběh a účinek povodní: přehled problémů a doporučená opatření

Studie Hnutí DUHA – leden 2004

Obsah

1. Úvod	5
2. Povodně	7
2.1. Mechanismy vzniku a typy povodní	7
2.2. Povodně v historii české krajiny	7
3. Faktory ovlivňující povodeň	9
3.1. Počasí	9
3.2. Intercepce	9
3.3. Vsak	10
3.4. Povrchový odtok	10
4. Vliv jednotlivých biotopů na povodeň	11
4.1. Zemědělská krajina	11
4.2. Lesy	14
4.3. Nivy a vodní toky	18
5. Doporučená opatření	25
5.1. Zemědělská půda	25
5.2. Lesy	26
5.3. Nivy a vodní toky	27
6. Literatura	33

1. Úvod

Dvě velké povodně, které v letech 1997 a 2002 zasáhly české území, způsobily mimořádné škody na majetku i lidských životech. Obě záplavy svým rozsahem vyprovokovaly společenskou diskusi o možnostech prevence a mírnění důsledků průchodu velké vody.

Pro Českou republiku představují povodně největší přímé nebezpečí v oblasti přírodních katastrof, při nichž dochází ke ztrátám na lidských životech i poškození zdraví, výrazným materiálním škodám v postižených oblastech, negativním ekologickým dopadům a v neposlední řadě také k devastaci kulturního dědictví. Navíc klimatologické odhady očekávají v příštích desetiletích zvýšení frekvence i síly extrémních meteorologických událostí – ve středoevropských podmínkách právě záplav [1].

Tabulka 1: Povodňové situace v letech 1997–2002 v České republice z hlediska počtu ztrát na lidských životech a výše povodňových škod

Rok	Počet ztrát na lidských životech	Povodňové škody [mld. Kč]
1997	60	62,6
1998	10	1,8
1999	0	0,0
2000	3	3,8
2001	0	1,0
2002	19	75,1
1997–2002	92	144,3

Zdroj: MŽP 2003 [2]

Povodňová ochrana byla různými způsoby budována již od konce středověku. Známa je z jižních Čech, kde byla umělým korytem do řeky Nežárky svedena přebytečná voda, kterou působila škody Lužnice.

Zejména během dvacátého století vznikaly velké technické projekty určené k ochraně před povodněmi. Zahloubení koryt, výstavba inundačních hrází a velkých nádrží měla ochránit domovy, průmysl, zemědělskou půdu i další plochy před velkými vodami.

Ale události posledních několika let ukázaly, že veškerá tato opatření nepostačují. Povodni v Praze nedokázala zabránit ani vltavská kaskáda vodních nádrží s mimořádnou kubaturou.

Do popředí zájmu se dostal vliv stavu naší krajiny a její vodozadržné funkce. Kolik vody lze zadržet v lesích a zemědělské krajině; do jaké míry politika maximálních výnosů a exploatace za každou cenu způsobila zmenšení přirozeného retenčního prostoru zemědělské a lesní půdy?

Tato studie shrnuje poznatky o retenčních vlastnostech zemědělské krajiny, lesů a říčních niv ve středoevropských podmínkách a o faktorech, které je ovlivňují. Důraz klade zejména na vliv způsobu hospodaření na snižování schopnosti transformovat povodňovou vlnu.

2. Povodně

Jako povodeň je označován jev přechodného zvýšení hladiny vody v toku nad úroveň přirozených břehů, způsobené náhlým zvýšením průtoku nebo dočasným zmenšením průtočnosti koryta. Většinou působí značné hospodářské škody a ohrožuje životy lidí.

2.1. Mechanismy vzniku a typy povodní

Velikost povodně závisí na řadě činitelů, které vzájemně spolupůsobí. Právě nepříznivá kombinace těchto faktorů je příčinou nejhorších škod.

Veškerá voda, která protéká koryty vodních toků, je srážkového původu. Velikost srážek určuje množství vody, se kterým se bude muset krajina vyrovnat. Krajina samotná je schopna déšť do určité míry zachytit bez neobvyklých jevů, jako je svahová eroze, překládání koryta nebo dlouhodobé rozlivy do okolí koryta. Ve chvíli, kdy dojde ke srážce, je část vody zadržena v rostlinném krytu, část vody se vsakuje do půdy a zbytek odtéká. Povodeň tvoří právě ta část srážky, která volně odteče.

Parametry a důsledky povodně tedy závisí na

- velikosti srážky,
- vlastnostech povodí (retenční schopnosti) a na
- kapacitě koryta (schopnosti provést průtok bez vyběření či poškození).

Každá část krajiny má svoji kapacitu, kterou je schopna vázat vodu.

Povodně můžeme podle příčiny vzniku rozdělit do několika typů:

- Jarní povodně vznikají prudkým táním sněhu v důsledku rychlého oteplení, většinou spojeného s relativně teplým deštěm. Tyto záplavy zasahují relativně velké oblasti, ale současná koryta vodních toků zvládají jejich průtoky bez větších obtíží.
- Druhým typem jsou povodně způsobené výrazným dešťovým úhrnem za relativně krátkou dobu. Přichází většinou v létě. Ukazuje se, že právě tyto představují větší hrozbu pro českou krajinu. Obecně lze říct, že nebezpečné jsou ty druhy deště, které zasahují většinu plochy povodí a trvají tak dlouho, že v jeden okamžik protéká voda z co největší části povodí.
- Ledové povodně vznikající zatarasením koryta ledovými krami a následné vzdutí hladiny.

Obvyklé letní povodně můžeme v našich podmínkách opět rozdělit na dva druhy:

- Prudké povodně vznikající krátkou, intenzivní srážkou na malé ploše, které nepostihují větší území. Jejich působením vznikají krátké, ovšem velmi prudké přívalové vlny na bystrinných tocích. Pro větší povodí nemají prudké srážky větší význam, protože jsou prostorově omezené na poměrně malou část krajiny.
- Nebezpečné jsou frontální, dlouhotrvající deště se střední intenzitou, pokud zasahují velké území (velkou část povodí).

2.2. Povodně v historii české krajiny

Povodně významnou měrou utvářely reliéf krajiny ve všech geologických dobách. Poříční krajina s plochými dny údolních niv i zaříznutými údolními je výsledkem těchto procesů probíhajících po miliony let. Stejně tak lidskou společností intenzivně využívané zásoby písku, štěrkopísku a štěrku vznikaly účinkem vymílacích a ukládacích procesů minulých velkých povodní.

Podstatnou otázkou však je, jak se projevila přítomnost člověka v naší krajině na intenzitě povodňových vln. Z podrobných prací rekonstruujících vývoj přirozené vegetace v poledové době můžeme zjistit, že intenzita povodní byla v těsném vztahu k míře zalesnění naší krajiny [3]. Téměř stoprocentní pokrytí krajiny nenarušenými lesy vedlo k zásadnímu útlumu povodňové aktivity, zejména letních záplav.

V době plného zalesnění v období atlantiku (zhruba 5 000 až 2 000 před naším letopočtem) se v okolí řek nevyskytují mohutné nánosy povodňových hlín, typické v pozdějším období pro postupně odlesňovanou krajinu. S nárůstem vlivu člověka šířícím se i do pahorkatin a horských oblastí roste intenzita záplav [3] [4] [5].

3. Faktory ovlivňující povodeň

Velikost povodně a její průběh určují různé vlivy. Dokonce i důsledky poměrně velké srážky mohou dobré vodozádržné schopnosti krajiny zmírnit, takže způsobí minimální škody. Dalším nesporným přínosem je zdržení povodňového průtoku v krajině, které způsobí snížení kulminace povodňové vlny. Samostatnou kapitolu, velmi významnou z hlediska množství zadržené vody, tvoří přirozené rozlivy v nivách potoků a řek.

Pro hodnocení proběhlé povodně však nebývá rozhodující výška nebo prudkost povodňové vlny, nýbrž způsobené škody. Jednotlivé prvky krajiny mají vliv na celkové množství vody v povodňové vlně. K tomu se ale přidávají další funkce bránící poškození krajinných prvků samotných – jde zejména o bránění plošné, boční i dnové vodní erozi, a tím snižování množství unášených látek.

3.1. Počasí

Velikost srážky závisí na momentální meteorologické situaci. Nadměrné srážkové úhrny jsou příčinou vzniku povodňových situací. Běžně se na našem území vyskytují srážky 440–1 300 mm/ročně. Denní průměrný úhrn tak činí 1,2 až 3,6 mm [6]. Při povodních v roce 1997 napršelo v období od 4. do 8. července až 586 mm vody (Lysá hora), stanice přehrady Šance naměřila dokonce 602 mm srážek [8].

V roce 2002 bylo naměřeno až 450 mm srážek (Šumava, Novohradské hory). Povodňová srážka přišla ve dvou vlnách, první vlna zasáhla hlavně jižní Čechy ve dnech 6.–7. srpna. Druhá vlna probíhala v těchto místech 11.–12. srpna, nejvyšší srážkové úhrny byly v Krušných horách. Povodně vznikají většinou při opakované srážce nebo dlouhotrvající srážce s velkou intenzitou, kdy je retenční schopnost krajiny již částečně eliminována předchozí vlnou. Půda je již nasákla vodou, a její retenční schopnost se tedy snižuje. Pro celkovou bilanci proto musíme počítat také s předcházející srážkou.

3.2. Intercepce

Na povrchu vegetačního krytu se zachycuje část srážek. Tento jev se nazývá intercepce. Množství, které je takto zadrženo, se liší dle typu vegetačního krytu: v podstatě závisí na velikosti plochy smáčeného povrchu rostlin. Obecně platí, že kapacitu intercepce ovlivňuje druhová skladba biotopu, podnebí, roční období, druh srážek a další meteorologické faktory.

Největších hodnot dosahuje les, a to zejména smrkové porosty [9]. Celkově je vegetační kryt schopen zadržet 1–10 mm srážek. Velikost intercepce jednotlivých druhů v našich lesích uvádí Tabulka 2.

Přirozené nebo přírodní lesní porosty vykazují vzhledem k přítomnosti epyfitických mechů a lišejníků i celkové velké nadzemní biomase vyšší hodnoty intercepce ve srovnání s umělou monokulturou. Pro listnatý dubohabrový prales v Bielowieži uvádí Olszewski intercepce až 9 mm při srážce 50 mm [11]. Pro přirozené jehličnaté pralesy (*Piceeto-Pinetum*) pak je zde udávána zaznamenaná intercepce 7 mm při srážce 32 mm [12].

Vzhledem k srážkovému úhrnu, který způsobuje povodně, je jasné, že intercepce v jakémkoli typu lesa má sama o sobě na průběh odtokových poměrů při záplavě pouze malý vliv.

Tabulka 2: Intercepce různých druhů porostů

Porost	Velikost intercepce [mm zachycených srážek]
Smrkový porost 60 let	5,1
Bukový porost 60 let	3,5
Borový porost 60 let	3,0
Bika hajní	2,9
Ostružiník	2,6
Borůvka	1,2

Zdroj: Krešl 1999 [10]

3.3. Vsak

Voda, která dopadne na půdní povrch, se buď vsákne, nebo odteče. Tím, že se voda vsákne do půdy, je dočasně vyloučena z odtoku a jen malá část zasáhne do povodňové vlny. Pro samotný vsak jsou důležité dva faktory:

- 1) Intenzita (rychlost) vsaku – mohou nastat dva případy:
 - Rychlost vsaku je větší než intenzita srážky nebo je stejná. Veškerá voda se potom vsakuje a nezasahuje do povrchového odtoku.
 - Rychlost vsaku je menší než intenzita srážky. Voda se dává do pohybu po povrchu svahu dolů.
- 2) Retenční kapacita půdy – pokud je kapacita půdy zaplněna, nemůže docházet k dalšímu vsakování a veškerá voda povrchově odtéká.

Rychlost vsaku závisí na několika faktorech, které výrazně ovlivňují vlastnosti půdy nebo se přímo na vsaku podílejí.

Vrstva nadložního humusu má sama o sobě schopnost vázat až 20 mm srážek. Tím, že nadložní humus spolu s vegetačním krytem pohlcuje sílu úderu dešťových kapek, zabraňuje rozrušení půdní struktury a tvorbě povrchové krusty s malou propustností. To se děje na volných místech po silných deštích, krusta se však po deštích nerozpadá a při dalších srážkách se stav ještě zhoršuje. Humus zkvalitňuje strukturu půdy, zdrsňuje půdní povrch a brání erozi. Také zlepšuje životní podmínky pro půdní živočichy. V případech, kdy dojde k odstranění vrstvy nadložního humusu, se propustnost pro vodu výrazně zhorší [13].

Jedním z faktorů, které pomáhají průniku vody do hlouběji položených vrstev, jsou póry a chodby různého původu.

Voda proniká podél živých kořenů a chodbami po odumřelých kořenech. Navíc kořeny zpevňují půdu a zabraňují erozi. Tato schopnost přímo závisí na velikosti kořenového systému a na hloubce prokořenění. Podobně zooedafon (půdní fauna) svojí činností provzdušňuje půdní horizonty, a tím vytváří retenční prostor, takže voda je chodbami odváděna do hlubších vrstev půdního profilu.

3.4 Povrchový odtok

Voda, která není zachycena vegetačním krytem ani se nevsákne do půdy, se po vyplnění terénních nerovností dává do pohybu po svahu dolů.

Nejprve voda stéká po celém svahu stejnoměrně. Tento pohyb je poměrně pomalý a nazývá se nesoustředěný odtok. Jeho rychlost závisí na takzvané drsnosti povrchu, intenzitě deště a podélném sklonu. Řádově se však pohybuje v metrech za minutu.

Nesoustředěný odtok na rozdíl od soustředěného umožňuje vsak při stečení vody do oblasti s lepšími půdními a vegetačními podmínkami. V terénních sníženinách orientovaných směrem po svahu (po spádnici) dochází k akumulaci vody a k jejímu společnému – tzv. soustředěnému – odtoku.

Rychlost přechodu z nesoustředěného v soustředěný odtok závisí na půdním povrchu a krytu. K jeho urychlení vznikají přispívají rýhy vytvořené při obhospodařování pozemků (pojezd mechanizace, orba po spádnici, lesní a polní cesty, odvodňovací příkopy). Rychlost závisí na sklonu toku a drsnosti povrchu.

Tabulka 3: Rychlosti soustředěného odtoku

Charakter toku	Podélný sklon [%]	Rychlost [m/s]
rovinný	0,5	1,0–1,5
pahorkatinný	0,5–5,0	1,5–2,5
horský	5,0	2,5–3,5

Zdroj: Krešl 1993 [7]

Při soustředěném odtoku je další převod povrchové vody do půdy minimální.

Zároveň má soustředěný odtok také velkou vymílací a unášecí schopnost, takže způsobuje erozi koryta i půdního krytu v jeho těsné blízkosti. Dochází tak k poškozování samotných pozemků a okolních objektů. Plaveniny a splaveniny jsou transportovány do vodních toků, kde způsobují další komplikace a škody.

4. Vliv jednotlivých biotopů na povodeň

Krajina se skládá z mozaiky biotopů, které svými vlastnostmi vytvářejí různé podmínky pro odtok vody. Vlastnosti jsou určeny jednak přírodním charakterem, jako je sklon terénu, vlastnosti půdy, vegetace aj., a antropickým ovlivněním těchto faktorů. Lidská činnost vede většinou ke snížení retence jednotlivých biotopů oproti přírodnímu stavu.

4.1. Zemědělská krajina

Zemědělské pozemky se většinou nacházejí na místech, kde půda dosahuje větších hloubek. Tím má předpoklady k relativně velké retenční schopnosti. Retenční schopnost půdy na zemědělských plochách snižují různé vlivy, které souvisejí s hospodářskou činností nebo jsou jejím nepřímým důsledkem.

Ze zemědělských ploch jsou nejvíce postižena pole a nezpevněné zemní cesty. V důsledku zmenšení pokrývnosti rostlinného krytu dochází při netlumeném nárazu dešťových kapek k rozpadu drobtovité struktury půdy, zanášení pórů a tvorbě povrchové kůry s malou propustností. Proto je při relativně krátkém dešti horní vrstva rozbahněna a velmi rychle nastává téměř stoprocentní povrchový odtok. Ten ještě umocňuje malá drsnost rozbláceného povrchu v letním období, kdy dochází k nejnebezpečnějším srážkám. Následně dosahuje odtok a odnos větší rychlosti než v případě povrchu krytého vrstvou humusu.

Podle expertíz ministerstva zemědělství jsou účinky zadržení vody v půdním profilu na ploše povodí odhadovány do 10 % pětileté povodně [15]. Při vyšších srážkách pak přirozená retence v území může klesat na 5–7 % z celkového množství spadlých srážek.

Pórovitost a struktura půdy

Vlivem absence hlouběji jdoucích kořenů a menší početnosti edafonu, který má vinou nepřítomnosti humusu a pravidelného obdělávání zhoršené životní podmínky, se snižuje retenční schopnost půdy a téměř neexistují póry (zejména chodbičky žížal), kterými by se voda rychleji dostala do hlubších vrstev.

V letním období, kdy dochází k maximálním srážkám, je půda vlivem provozu těžké zemědělské mechanizace značně slehlá. Vznikají rýhy po strojích, které zapříčiňují urychlený vznik soustředěného odtoku. Ten pak způsobuje rozsáhlou erozi. Následně dochází k degradaci půdy, jejímž důsledkem je nejen snížení kvality z hlediska zemědělské užitnosti pro pěstování plodin, ale také zmenšení retenční schopnosti. Splaveniny potom působí mnohamilionové škody v níže položených částech povodí, zejména v intravilánech obcí. Zanášejí rovněž koryta toků a zabahňují vodní nádrže, které musí být nákladně čištěny.

V České republice je vodní erozí ohroženo, silně ohroženo a nejvíc ohroženo 42 % zemědělských půd, do kategorie mírně ohrožených patří dalších 26 % a mezi náchylné 28 % [16]. Na extrémně ohrožených plochách dochází k smyvu více než 7,5 tuny půdy na jednom hektaru (data Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd Praha z roku 1999) [16].

Vzhledem k rychlosti tvorby půdy v našich podmínkách (10 mm za 80–150 let) dochází v současné době na značné části polí k dlouhodobému úbytku půdy a ke zhoršování jejich vlastností z hlediska úrodnosti i vodozadržné funkce.

Moderní ochranné metody zpracování půdy mohou nepříznivé změny v průsaku půdního horizontu napravit. Ochranné zpracování půdy je postup obdělávání, při kterém po zasetí zůstává nejméně 30 % povrchu půdy pokryto nerozloženými a částečně rozloženými rostlinnými zbytky [17].

Zásadní pozitivní vliv nenarušené struktury půdy a přítomnosti organických zbytků na povrchu dokládají měření na svažitém polním honu, které diskutujeme níže [18]. Ochranné zpracování půdy je technologicky dobře připraveno, prošlo ověřovacími polními experimenty i v našich podmínkách a stalo se součástí výuky na vysokých školách příslušných směrů. Vhodné je zejména pro eliminaci nepříznivého vlivu pěstování kukuřice a okopanin na vodní režim a půdní erozi [17].

Tabulka 4: Povrchový odtok vody a ztráta půdy na svažitém polním pozemku s různým zpracováním půdy: modelový příklad dešťové srážky 31 mm

Způsob zpracování půdy	Množství rostlinných zbytků, které zůstávají na povrchu půdy	Ztráta půdy [t/ha]	Povrchový odtok [mm vodního sloupce ze srážky 31 mm]
konvenční s orbou	0–10 %	2,3	6
bez orby – pouze dlátový kypřič a talířový podmítač	60–75 %	0,3	2,7
bez orby – pouze mělké kypření talířovým podmítačem	do hloubky mělké podmítky 100 %	stopy	0,1
bez jakéhokoli narušení půdy	100 %	0	0

Zdroj: Moldenhauer 1985 [18]

Zhutnění podorničí

Pokud voda při srážce pronikne vrchní kyprou vrstvou půdy, může se jí postavit do cesty další překážka. V důsledku pravidelného mechanizovaného obdělávání půdy se často v hloubce 30–60 cm vytváří utužená vrstva podorničí. Tato je mnohdy téměř nepropustná, nebo propouští vodu jen velmi málo. Účinná hloubka půdy a s ní také retenční kapacita se tak značně zmenšuje. Navíc voda po podorničí stéká podobně jako po povrchu, následně v terénních depresích vystupuje na povrch a přidává se k povrchovému odtoku

Na vznik zhutnělého podorničí mají vliv především přejezdy zemědělskou technikou po půdě a technologická doprava, například při svážení cukrové řepy nákladními automobily. V zhutnělé půdě se snižuje obsah organických látek na polovinu a její pórovitost klesá pod 45 % [19].

Základními metodami předcházení zhutnění půdy a zejména podorničí jsou

- omezování přejezdů těžké mechanizace,
- využívání půdoochranných způsobů obdělávání,
- dostatečné organické hnojení,
- používání mechanizace s nízkozátěžovými pneumatikami.

Pozemky s již zhutnělým podorničím lze jednorázově zlepšit melioračním kypřením nebo dlátovými kypřiči pracujícími v hloubce kolem 50 cm [17].

Pozornost věnovaná zlepšování retenční schopnosti zemědělských půd je dosud nedostatečná. Málopropustné a zhutnělé půdy přitom kromě svého nepříznivého vodohospodářského efektu poskytují i nižší výnosy a zvyšují až o 50 % spotřebu pohonných hmot při obdělávání půdy [17].

Trvalé travní porosty

Výrazně lepší vlastnosti mají trvalé travní porosty. Na rozdíl od výše diskutovaného vlivu srážky na holou půdu tlumí souvislý travní porost kinetickou energii dešťových kapek a zdrsňuje povrch, takže zpomaluje odtok a zlepšuje vsak. Hustý kořenový systém brání povrchové erozi.

Trvalé travní porosty jsou většinou využívány dvěma způsoby: jako pastvina nebo louka ke kosení. Způsob využití má vliv na jejich hydrologické vlastnosti.

Také zde se podobně jako na orné půdě vlivem používané mechanizace vytváří utužená vrstva, hůře propustná pro vodu. Absencí stromů nedochází k odvodu vody do hlubších vrstev podél kořenů. Na frekventovanějších místech pastvin dochází k likvidaci souvislého porostu až na holou půdu okusem a zejména sešlapáním od často procházejících zvířat. Tato místa startují postupnou erozi pastvin, která při silných deštích v horských polohách dosahuje značných rozměrů.

Srovnání vsaku dvou biotopů – pastviny a smrkového lesa – ilustruje Tabulka 5.

Tabulka 5: Odtokový koeficient pastviny a smrkového porostu

Sklon	5°	10°	20°	30°	40°
Pastvina	0,78	0,82	0,9	0,95	
Smrkový porost s nenarušenou půdní pokrývkou	0,02	0,03	0,05	0,08	0,34

Zdroj: Pobědinskij et Krečmer 1984 [9]

Travní porosty tedy sice obecně vykazují lepší vsakovací parametry než orná půda, avšak obvykle horší než lesní porost. Významnou roli v tomto srovnání však hraje typ travního porostu (od degradované pastviny po luční porost na propustném podloží) a na druhou stranu typ lesa.

Příznivý je vliv travních porostů jako přirozených filtrů splavenin kolem vodních toků a vsakových pásů. Zachycené nerozpuštěné látky a minerální živiny zde mohou být rovněž účinně využity pro tvorbu travní biomasy.

Odvodňování a scelování zemědělských pozemků

Ve snaze o maximalizaci výměry zemědělského půdního fondu, zvýšení a stabilizaci produkce došlo v období po druhé světové válce k rozsáhlému systematickému odvodnění označovanému běžně jako meliorace. Souběžně s odvodňováním docházelo v procesu tzv. racionalizace zemědělského hospodaření k mohutnému scelování pozemků, odstraňování kolektivizací ponechaných mezí, drobnějších lučních enkláv a rozptýlené zeleně. Důsledkem bylo zásadní zjednodušení krajinné mozaiky a úbytek prostoru pro zasakování i drobnou povrchovou akumulaci srážkových vod. V mnoha konkrétních případech systematické meliorace urychlily odtok vody z polních honů (i lesů), a významně tak zkrátily retardační účinek krajiny.

Podobný efekt měla intenzifikace zemědělství v západoevropských zemích během druhé poloviny 20. století, stimulovaná navíc vládními dotačními programy – například Společnou zemědělskou politikou (CAP) Evropské unie [20].

Do roku 1990 bylo plošně odvodněno celkem 1,5 mil. hektarů zemědělské půdy, často v oblastech přirozené akumulace povrchových vod a v horských polohách. V roce 1998 bylo stále v evidenci 1,1 mil. ha odvodněných pozemků, tj. 25 % zemědělské půdy. [21]

Při tzv. hospodářsko-technické úpravě pozemků bylo do roku 1990 rozoráno 450 000 hektarů luk, 50 000 ha rozptýlené zeleně, 240 000 ha mezí a zrušeny více než dvě třetiny polních cest. Průměrná velikost pozemku se zvětšila z 0,23 ha v roce 1948 na 20 ha v roce 1990 [22] [23]. Zornění zemědělské půdy činí asi 72 % a klesá jen velmi pomalu: v roce 1986 činilo 76 % [16]. Ve srovnání s dnešními zeměmi EU patří k velmi vysokým – v Evropské unii činí 60 % [24]. Rozsáhlé zjednodušení a rozorání krajiny vedlo k zásadní změně vodního režimu na zemědělské půdě, která pokrývá 54 % plochy státu [16].

Kvantifikace vlivu odvodnění a scelování pozemků na průběh povodňové vlny je obtížná. Rozhodující roli zde hraje zejména vliv na rychlost průchodu povodňové vlny územím.

Příkladem dokumentujícím retardační schopnost ploché, velmi členité krajiny s malým podílem velkoplošně odvodněných polních honů bez pásů trvalé vegetace je Třeboňská pánev, která v srpnu 2002 zadržela kulminaci povodně o dva dny. Kulminační průtok se tedy nepřičetl k současným kulminacím Vltavy a Otavy a níže položeným územím postupně protekl až po odeznění hlavní povodňové vlny. [6] Podrobněji toto téma diskutujeme v kapitole 3.4.

Nezanedbatelný je také vliv scelení pozemků na množství unášených plavenin při povodni. Při průběhu povodně členitou krajinou s vysokým podílem lesa a přirozených překážek je v zemědělské krajině unášeno jen minimální množství plavenin. Zatopené objekty, komunikace a další zařízení jsou tedy po opadnutí vody mokré, nikoli však zanesené bahnem. Oproti tomu smyv z nechráněné zemědělské půdy (viz Tab. 4) ve velkých honech se – spolu s břehovou a dnovou erozí – podílí v zjednodušené krajině na vzniku velkého množství jemných plavenin, které znásobují povodňové škody v podobě silných vrstev povodňového bahna.

Cestní síť

Špatný stav polních cest, které nemají většinou žádné odvodnění a jsou často pro každou sezónu vedeny jinak, způsobuje poškození a hutnění dalších pozemků a jejich následnou povrchovou erozi. Trasování se často vede bez jakýchkoli ohledů na hydrologický režim v krajině. Oproti tomu vhodně vedené polní cesty s odborně navrženým odvodněním a doprovodnou zelení mohou při vzniku plošného povrchového odtoku sloužit jako svodnice, zasakovací příkopy nebo alespoň jako prostor pro retenci hrubších splavenin.

Navíc zde působí podobné efekty jako v případě lesních cest, které diskutujeme v kapitole 4.2.

Tento význam polních cest je u více svažitéch pozemků uváděn jako jeden z hlavních hned vedle původní dopravní funkce. Mají být navrhovány tak, aby rozdělovaly svahové pozemky nadlimitní délky a přerušovaly povrchový odtok. Sklon cesty nesmí překročit 7–10 % [25] [26].

Komplexní pozemkové úpravy, v rámci kterých se předpokládá změna a optimalizace vedení polních cest, jež by měly za následek i zlepšení protipovodňových funkcí, je státem velmi slabě financováno. Realizace návrhů a vytyčení nových cest v krajině proto postupuje pomalu, nemluvě o nedostatečném množství peněz vyčleněných na vlastní realizace společných zařízení (cest, remízů, větrolamů, zasakovacích pásů) při pozemkových úpravách. Není tak naplňován prioritní úkol 5.1.2.1 Státního programu ochrany přírody a krajiny, kterým vláda pověřila ministerstva zemědělství a životního prostředí [22].

4.2. Lesy

Les původně tvořil přirozený půdní kryt na většině rozlohy České republiky. V současné době se rozkládá přibližně na třetině území. To sice převyšuje evropský průměr, ale i tak je tím retenční schopnost krajiny oslabena oproti přirozenému stavu.

V současné době se vede diskuse o účinku lesa na odtokové poměry. Je jeho retenční schopnost dostatečná, aby dokázal účinně, když ne povodni zabránit, tak ji alespoň zmírnit?

Všeobecně bylo na malých experimentálních povodích prokázáno, že lesy mají mimořádnou schopnost zadržovat srážkovou vodu [10] [13] [27] [28] [29] [30] [31]. Voda ze srážek se hromadí na povrchu lesních porostů, v nadložní půdní pokrývce a zejména v půdě. Část vody proniká do horninového podloží. Kromě toho les zpomaluje odtok přeměnou povrchového na odtok podzemní.

Retenční schopnost lesa může být různá, závisí na geomorfologii terénu druhové a porostní skladbě porostu, způsobu hospodaření a zejména vlastnostech půdy geologického podloží. Všechny tyto faktory spolu bezprostředně souvisejí a vzájemně se kvalitativně ovlivňují. Vodu v lese zadržují účinky intercepce dřevinného a bylinného patra, nadložní humus a vsak do půdy.

Druhová skladba dřevin

Každá dřevina má jiné vlastnosti z hlediska schopnosti působit vodozádržně a protierozivně. V hodnocení musí tyto rozdíly být zohledněny – nelze tedy nediferencovaně pracovat s lesem jako uniformním krajinným útvarům. Druhová skladba porostů je přirozeně závislá na stanovištních podmínkách. Z hospodářských důvodů byla z větší části přeměněna ve prospěch produkčně výnosných dřevin bez ohledu na jejich vodohospodářské a půdoochranné funkce.

Právě působení na půdu je z hlediska retence nejdůležitější vlastností lesa. Intercepce při povodňových srážkách prakticky ztrácí účinek. Sice přispívá k snížení množství odtékající vody, ale vzhledem k množství, které se takto zachycuje, nemá větší vliv na průběh povodňových stavů.

Pro účinnost jednotlivých dřevin je nejpodstatnějším faktorem kořenový systém [30] [32] a nezanedbatelný vliv má rovněž kvalita humusu. Jeho tvar, hloubka prokořenění a další parametry zásadně ovlivňují retenční kapacitu půdy a parametry vsaku. Rozdíly mezi jednotlivými druhy uvádí přehledně Tabulka 6.

Pro některé dřeviny byly ve středoevropských podmínkách na hlubokých půdách zjištěny i významně vyšší hloubky prokořenění: borovice 4,5 m, dub až 10 m [33].

Tabulka 6: Srovnání hloubky prokořenění různých dřevin

Hloubka kořenů	Druh stromu
do 30 cm do 100 cm přes 100 cm	osika, smrk babyka, bříza, habr, javor mleč, jeřáb obecný, olše, střecha, topoly, vrby buk, dub, jasan, jilmy, jírovec, javor klen, lípa, borovice, jedle, modřín

Zdroj: Válek 1977 [30]

Detailní srovnání bukového porostu se smrkovým provedl Válek [30]. Vliv obou dřevin na odtokové poměry byl pokusně zjišťován v osmdesátiletém bukovém a smrkovém porostu. Způsob pohybu srážkové vody byl zjišťován pomocí umělého zadržování srážkou 100 mm/hod a u buku i 250 mm/hod.

V bukovém porostu během umělého deště neodtékala ze zavlažovaného povrchu mezi kmenem a okrajem zářezu ze zavlažované plochy žádná voda a celá srážka se vsákla do půdy. Později nastaly dva výrony vody. Nastala vertikální infiltrace vody hrubými průduchy po zetlelých kořenech a podél žijících kořenů, aniž došlo k rozřednutí zeminy a k většímu zavlhčení stěn kanálků. Povrchový odtok vůbec nenastal. Opakovaný pokus u jiného stromu se srážkou 250 mm/hod měl přibližně stejný průběh.

Ve smrkovém porostu přijala půda krytá jehličím u kmene smrku přibližně 5 mm umělé srážky, dalších 95 mm umělé srážky volně povrchově odtékalo. Bezprostředně po ukončení srážky byly kořeny smrku v hloubce 15 cm suché. O dvě hodiny později se mírně zvětšila průměrná půdní vlhkost působením svislých průduchů po žízálách. Kořeny smrku neodváděly do hlubších vrstev žádnou vodu.

Příznivý vliv bukových porostů na převod srážkové vody do půdy a mělkých zvodnělých vrstev potvrzují i výsledky dlouhodobých lesnických experimentů na flyšovách horninách v Beskydech. Čtyřicetileté sledování odtoku v povodí Malé Ráztoky ukázalo vzestup odtoku po přeměně většiny bukových lesů v povodí na smrkové monokultury [28].

Lepší schopnost vsaku u bukových porostů oproti smrčinám uvádí rovněž Kantor [34] [35]. Kvůli snížené schopnosti odčerpat a odpařit vodu v mimovegetačním období a menší biomase asimilačních orgánů však považuje protipovodňovou účinnost bukových porostů za menší [36].

Při hodnocení retenční schopnosti různých porostů musíme sledovat především působení na kvalitu půdy. Zde se vzhledem k vlastnostem kořenového systému buk jeví jako výhodnější.

Dalším velmi nepříznivým faktorem je degradace půd, která může na smrkem nepřírozně osázených stanovištích probíhat. Má za následek pomalý, ale dlouhodobý úbytek retenční kapacity.

Různí autoři uvádějí v přirozených lesích jiných evropských zemí velký přestup srážek do podzemní vody. Po intenzivní srážce se zvýšila hladina podzemní vody v rovinném pralesovitém prostu Bialowiezského národního parku až o 270 cm [33]. Zasáknuté podzemní vody pak mohou být ve vhodném terénu převáděny i do jiných povodí [37] a nepodílejí se na povodňové kulminaci. Příklady z Bialowiezského pralesa tak ukazují, že přirozený les na hlubokých půdách může převést do podzemních vod podstatně větší objem srážek [33] [38], než se udává z experimentálních povodí v horských hospodářských lesích v českých podmínkách.

Obecně lze říci, že hlubokokořenní dřeviny, jako je buk, mají ve srovnání se smrkem výrazně lepší vliv na vsak do půdy, a tedy i na odtokové podmínky během povodňových stavů. Nejpodstatnějším faktorem pro retenci se jeví kvalita kořenového systému a jeho vliv na kvalitu (pórovitost) půdy. Nelze přehlížet ani vliv opadu zejména na lesní zooedafon, který se na vytváření retenční kapacity rovněž výrazně podílí. Zajímavá je schopnost porostu vsáknout na dostatečně hlubokých půdách bez větších problémů i značně velké množství srážek (250 mm) [30]. K podobným výsledkům dochází řada autorů [9] [13] [28] [33] [38] [39].

Ekologická stabilita porostů

Uplatňování jehličnatých dřevin na velkých plochách vedlo ke vzniku labilních porostů, málo odolných proti abiotickým činitelům, živočišným škůdcům a k houbovým chorobám [78]. Tyto porosty jsou ohroženy velkoplošným rozpadem, kdy následná kalamita je většinou zvládnána za použití těžké mechanizace, bez ohledů na poškozování půdy a drobných vodotečí.

Nadložní humus

Jednou z významných vlastností lesních půd je existence horizontu nadložního humusu, který má velký vliv na utváření odtoku [9]. Při experimentech humus zadržel za 40 hodin čtyřnásobek své váhy, tj. při mocnosti 10 cm humusu celých 20 mm srážkové vody. Humus má význam nejen pro přímé zadržení vody, ale také zlepšuje vsak do půdy. Je-li odstraněna vrstva nadložního humusu, propustnost pro vodu se výrazně zhorší. Právě to se ovšem děje při holoseči: humus se vinou následných změn mikroklimatických poměrů rozpadá.

Vliv sečí a obnovných opatření

Různé hospodářské postupy mají výrazně odlišný vliv na vlastnosti lesa, a tím i na jeho hydrické působení.

Největší změny vznikají na holých sečích. Na plochách, kde se prováděly clonné seče a zvláště výběrné postupy při těžbách (postupy, při kterých těžba nevede k obnažení půdy), jsou změny méně podstatné [9]. Na zhoršení podmínek má vliv i velikost seče: při maloplošném kácení jsou změny výrazně menší.

Vlivem odstranění porostu dochází nejen k likvidaci intercepce, ale hlavně se mění fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd. Silně klesá propustnost půdy pro vodu v jednotlivých vrstvách půdy – půdních horizontech (viz Tabulka 7).

Tabulka 7: Propustnosti půdy (mm/min) v závislosti na různém typu obnovy v bylinné smrčtině na středně podzolané vlhké písčitohlinité půdě

půdní horizont	hloubka odběru (cm)	propustnost		
		holoseč jednoletá	výběrná seč	mytný porost
A0–A1	0–5	2,8 ± 0,04	3,8 ± 0,04	9,1 ± 0,07
A1	5–10	0,7 ± 0,07	0,8 ± 0,02	2,1 ± 0,04
A2	15–20	0,1 ± 0	0,3 ± 0	2,8 ± 0,08
B	20–25	0,2 ± 0,01	0,4 ± 0,02	2,1 ± 0,08

Zdroj: Pobědinskij et Krečmer 1984 [9]

Vlivem oslunění po vykácení dochází k rychlému rozpadu humusové vrstvy a mechového porostu. To zhoršuje podmínky pro vsak a dává možnost vzniku povrchového a následně soustředěného odtoku. Pohyb vody po svahu není ničím bržděn, půda je tak přímo vystavena erozním činitelům, které ještě zhoršují vlastnosti stanoviště. Až šestnásobné snížení retenční kapacity způsobuje také nadměrné zahřívání půdy, kdy dochází k nevratné degradaci koloidních látek v humusu [40].

Tento efekt výrazně ovlivňuje použitý těžební postup. Při použití clonných a maloplošných sečí je i mechanické poškození včetně jeho následků podstatně nižší [9]. Srovnání uvádí Tabulka 8.

Tabulka 8: Ztráty nadložního humusu a minerální půdy v důsledku způsobu těžby

Část svahu	Ztráty podle druhu seče [m/ha]					
	Holá		Celoplošná clonná		Kotlíková	
	humus	půda	humus	půda	humus	půda
horní	65	106	36	61	16	20
střední	34	34	29	46	22	22
dolní	109	444	59	197	11	8

Zdroj: Pobědinskij et Krečmer 1984 [9]

K podobným výsledkům dochází i řada starších prací [39] [41] [42] [43], které dokládají negativní vliv holosečí na zvětšení odtoku. Molčanov uvádí významný rozdíl mezi vodním režimem lesa v různou dobu po holoseči (viz Tabulka 9).

Molčanov dobře dokumentuje sníženou schopnost vsakování a vypařování půdy ještě 80 let po holoseči. Nápadně je zde také vidět výše zmiňovaný vliv intercepce, která při malých srážkách tvoří významnou složku vodní bilance, při srážce povodňové však její význam klesá na několik procent.

Tabulka 9: Poměr jednotlivých složek vodní bilance v jehličnatém lese v různou dobu po provedení holoseče (úhrn srážek vždy 575 milimetrů)

Stáří porostu od poslední holoseče	Intercepce [mm]	Výpar z půdy [mm]	Transpirace [mm]	Odtok povrchový [mm]	Infitrace do půdy [mm]
80 let	180	60	278	6	51
120 let	160	75	193	12	135
150 let	136	81	185	14	159

Zdroj: Molčanov 1970 [39]

Vliv mechanizace a přiblížování dříví

Mechanizace lesního hospodářství má nezanedbatelný vliv na prostředí lesa, a tím rovněž na jeho vodozádržné vlastnosti. Použití mechanizace je spojeno především s výchovnými (odstraňování méně kvalitních jedinců z lesa) a těžebními zásahy, zejména přiblížováním (stahováním) a dopravou dříví. V našich podmínkách převládá v současné době použití pojízdných, kolových mechanizačních prostředků (traktorů, harvesterů). Pro výchovné zásahy se někdy využívají koně. Přiblížování pomocí lanovek se dnes používá pouze v malém procentu zejména v nejvíce ohrožených horských lesích, případně v chráněných územích. Použití pojízdných prostředků je spojeno s výraznými změnami mikroreliefu a zhoršením vlastností půdy.

Použití lesní mechanizace poškozuje půdu a její schopnost zadržovat vodu především vinou:

- tlaku těžkých strojů na půdu (zhutnění, snížení pórovitosti),
- rozrušování půdy pohybem těžkých strojů (vznik erozních rýh),
- znečišťování půdy (unikajícími palivy, mazivy, hydraulickými kapalinami) [9].

Zhutnění půdních pórů a prostorů biologického původu (chodby půdní fauny, dutiny po shnilých kořenech) zamezuje pronikání vody do hlubších horizontů, a dochází tak k přímému zmenšení retenčního prostoru.

Na narušených plochách dochází k odnosu půdních částic, takže se stávají výchozími body rozsáhlé vodní eroze. Mechanicky podmíněný odnos půd často dosahuje 300 až 760 m³/ha, u nadložního humusu 3,5 až 7,2 t/ha [9]. V hlubokých kolejích ve svahu dochází k výronům vody a převodu podzemního odtoku na povrchový (efekt podrobně popisujeme v části věnující se problematice cest).

Poškození vodních toků

Při těžbách dochází často k poškození povrchových vodních toků. Někdy se dokonce koryta potoků vzhledem k příznivým podmínkám podélného sklonu používají jako vývozní cesty. Poškozené koryto dále eroduje a při zvýšených průtocích dochází k odnosu půdy, urychlení odtoku a dalším škodám: primárně přímo na okolních pozemcích erozí a následnou destrukcí, druhotně v níže položených oblastech zanášením splaveninami.

Cestní síť

Významným hydrologickým činitelem je i cestní síť. Její potřeba a hustota stoupá spolu s používáním kolových mechanizačních prostředků. Růst hustoty se projevuje zejména v horských oblastech. Zvýšený počet cest způsobuje zvětšení kulminačních průtoků, zejména při prudkých srážkách v malých povodích [9].

Největší podíl na cestní síti mají nezpevněné zemní cesty, které jsou většinou ponechány bez údržby a často jsou poškozené transportem dříví. Ty pak představují významný zdroj plavenin a urychlují vznik soustředěného odtoku se všemi jeho negativními důsledky. Avšak i cesty nepoškozené provozem mohou podléhat erozi a přispívat k povodňovým stavům. Jde tu nejen o vodu spadlou při srážce na povrch cesty, která odtéká. Po svahových cestách odtéká i mnoho vody, jež předtím již zasákla do půdy ve svahu nad cestou a vyšla zpět na povrch v místě zářezu cesty. Nedůsledným zajištěním prudkých svahů výkopů a násypů může dojít k sesuvům půdy. Z lesních cest tak do toků přitéká značná část vody bez přirozeného zpoždění a možnosti se vsáknout.

Velká část diskutovaných vlivů mechanizace a cestní sítě působí rovněž v zemědělské krajině.

4.3. Nivy a vodní toky

V nivě – ploché části údolí, které bývá při povodni zaplavována – se vyskytují lesy, louky i orná půda. Přesto je z hlediska povodňové ochrany nutno pohlížet na nivu samostatně, jako na fenomén těsně svázaný s vodním tokem [44]. Opatření uplatněná v nivě patří mezi ta nejúčinnější, často výrazně přesahující účinky mohutných vodohospodářských staveb.

Přirozené rozlivy v nivách řek

Jarní povodňové rozlivy jsou přirozeným fenoménem nivní krajiny. Osídlení a obhospodařování s nimi počítaly a člověk dovedl využít jejich přínosů. Během dvacátého století však naprostá většina našich toků schopnost přirozených rozlivů v důsledku vodohospodářských úprav (povodňových hrází a kanalizace toku) postupně ztratila.

Na riziko spojené s vyloučením přirozených rozlivů a přesouváním problému dolů po toku, kde je povodeň výrazně zesílena, někteří autoři poukazovali již počátkem století, v době regulace a kanalizace velkých řek. Smetana ve druhé polovině dvacátých let na základě podrobných hydrologických měření neúspěšně navrhol vybudovat hráze dále od Labe, zachovat část rozlivů a zbylou ztrátu retenčního prostoru řešit rozsáhlou suchou nádrží (poldrem), aby nebylo ohroženo území níže po toku v okolí Mělníka [45]. Labe však bylo v letech 1904–1974 v úseku od Jaroměře po Mělník prakticky celé narovnáno, ohrázováno a zkráceno o 223 kilometrů [16] [31] [47].

Přirozené rozlivy mají mimořádnou retardační kapacitu. Voda se zde nezadrží trvale, ale je pozdržena po dobu několika dní až týdnů. Přirozené rozlivy na horním toku Lužnice sleduje dlouhodobý výzkum Botanického ústavu Akademie věd v Třeboni. V letech 1989–1995 zde bylo zaznamenáno a vyhodnoceno 32 rozlivů. Při žádném z nich nedošlo k významným povodňovým škodám a pouze v jednom případě byl vyhlášen stav ohrožení.

Tabulka 10: Počet rozlivů a jejich celkové trvání na 141. říčním kilometru řeky Lužnice v lokalitě Lesní chalupy, Nová Ves nad Lužnicí

Rok	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Počet rozlivů	4	2	3	11	1	2	9
Celkové trvání rozlivů (dny)	11	7	21	60	25	30	102

Zdroj: Pithart et al. in press [48]

Rozlivy nezpůsobily žádné škody proto, že v zátopové oblasti se nenacházejí nevhodné stavby ani orná půda. Naopak ji tvoří velké množství tůní a periodicky zatopených depresí, které zvyšují retenční kapacitu. Přitom nejde o přísně chráněné území bez obyvatel: zachovaná původní vesnická sídla a samoty ovšem vždy leží nad čarou možné zátopy.

Retardační a retenční kapacita tohoto konkrétního úseku říční nivy je velká. Na úseku dlouhém 11 kilometrů a širokém přibližně 0,5 km bylo zadrženo při výšce záplavy 1 metr zhruba 5,5 milionu m³ vody, což je ekvivalent středně velké přehradní nádrže [48].

Že se v případě celého povodí Lužnice s množstvím rozliv, rybníků a nivních lesů nejedná o nezanedbatelné množství i při velké povodni, svědčí záznamy Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) o časovém rozložení povodňových kulminací při velké povodni v srpnu 2002. Porovnání rychlosti vzestupu hladiny a dosažené výšky záplavové vlny na Lužnici, Vltavě a Otavě jasně dokládá výrazně odlišnost trendu na Lužnici (viz Obr. 2). Hladina

řeky zde stoupala pomaleji a maxima dosáhla až o tři dny později. Voda z povodí Lužnice tedy pouze malým dílem přispěla například ke kulminaci vody v Praze a Ústí nad Labem. Těmito místy protekla o tři dny později [6].

Přitom ve všech třech povodích spadlo za příslušné období extrémně velké množství srážek [6].

Podobný účinek zachovalé krajiny v povodí Lužnice byl dokumentován již při více než stoleté povodni v roce 1890. Kulminace na Lužnici v Bečyni byla také o dva dny opožděná a o 350 m³/s nižší než na Otavě v Písku [49].

Současně Obr. 2 ilustruje, že povodňová vlna Lužnice byla tzv. sploštělá – pomalu stoupala a pomalu klesala. Vodním tokem tak sice odeče velké množství vody, ale hladina podstatně méně stoupne.

Ještě 22. srpna, osm dnů po odeznění hlavní povodňové vlny, z povodí Lužnice odtékalo téměř tolik vody jako v maximu předešlé malé povodně. Srážková voda byla tedy v území pozdržena až o týden a zachovalou krajinu opouštěla jen postupně – podobně jako když les akumuluje vodu, která postupně odtéká.

Na výrazném protipovodňovém účinku krajiny v povodí Lužnice se podílí řada faktorů. Jde zejména o rozlivy, retenci v rybnících a nivních lesích. Už diskutovaný úsek horního toku Lužnice u státní hranice, tj. niva malé řeky [48], dokáže ovlivnit výšku kulminace na velké řece o desítky centimetrů. Desítky centimetrů se při velké povodni mohou rovnat čtverečním kilometrům zaplavených ploch a milionům korun škod. Demonstruje to příklad pouze těsně nepřelitých protipovodňových zábran v Praze.

Podstatnější je ale fakt, že obdobných povodí, ale ne tak zachovalých jako horní Lužnice, se nacházejí jenom nad Prahou na přítocích Vltavy desítky. Stejně jako součtem povodní na mnoha menších řekách vzniká velká povodeň na Vltavě, tak obdobně retenční objemy desítek menších rozlivů mohou v konečném součtu podstatně snížit výšku záplavy v Ústí nad Labem nebo Děčíně.

Význam těchto rozlivů jako významného fenoménu vynikne, porovnáme-li objemy zadržené vody kolem větších řek s možnostmi soustavy přehradních nádrží.

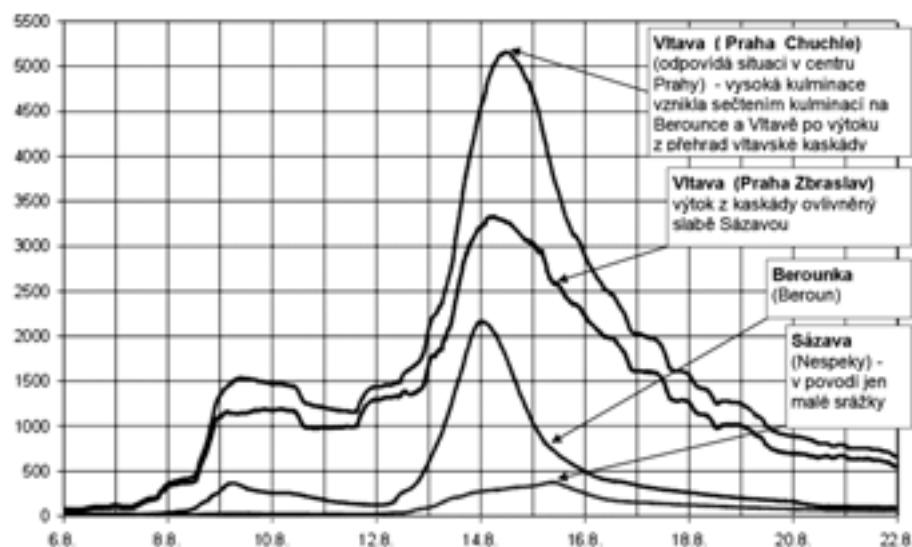
Objem vody zadržené při povodni na území třech velkých komplexů polopřirozených niv na Moravě činil v roce 1997 minimálně 199 milionů m³ – oproti 64 milionům m³ celkového ovladatelného zádržného prostoru všech nádrží v českém povodí Moravy a Odry dohromady [50] [51]. Obdobně má v povodí Labe sedm významnějších nádrží dohromady vymezeno 154 milionů m³ ochranného ovladatelného prostoru [52].

Každý z komplexů zalesněné nebo luční nivní krajiny bez významných vodních nádrží zadržel tedy přibližně stejné množství vody jako všechny přehrady dohromady. Pro zadržení povodně není totiž významný celkový – podstatně větší – retenční objem přehrady, ale pouze prostor v kritické době disponibilní. Letní povodně z velkých srážek nelze (na rozdíl od jarních záplav způsobených táním sněhu) předvídat, a přehrady proto není možné včas částečně vypustit.

Například celá vltavská kaskáda je tak podle některých autorů schopna chránit Prahu proti patnáctileté povodni, průběh větší záplavy však pouze zhoršuje [51] – jiné zdroje udávají jako horní limit vodu dvacetiletou [52].

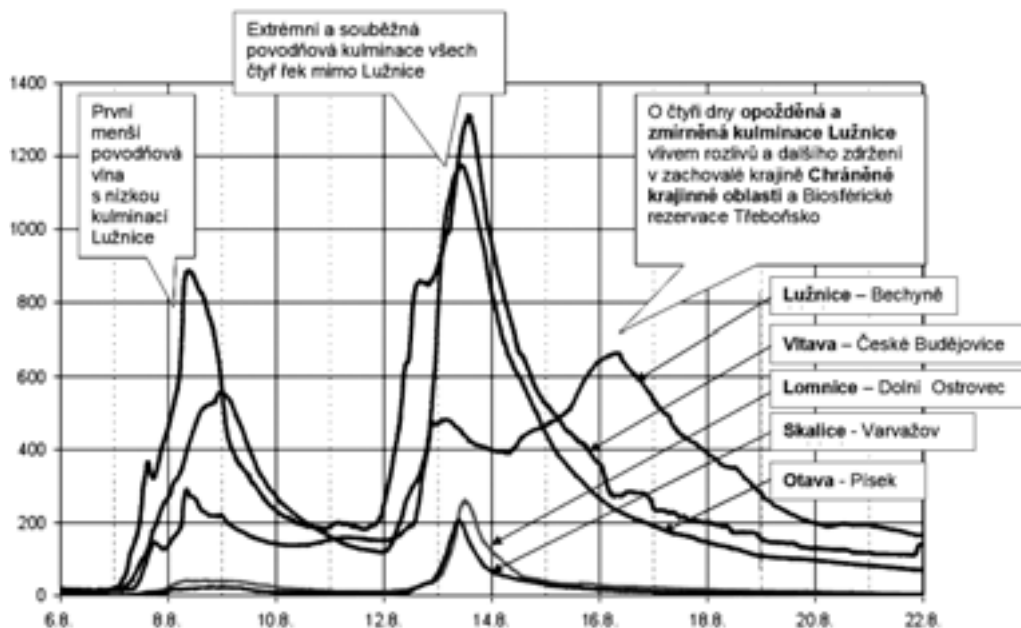
Při velké české povodni v srpnu 2002 byla kaskáda téměř úplně naplněna již první, malou povodňovou vlnou. Průběh druhé vlny už prakticky nemohla regulovat, a protože přeplněnou kaskádou povodňová vlna postupovala poměrně rychle, došlo k sečtení kulminací na Berounce a výtoku z kaskády s ničivým účinkem na Prahu, Kralupy nad Labem a na mnoho menších obcí níže po toku. Naštěstí povodeň na Sázavě byla jen velmi malá a kulminaci neovlivnila.

Obr. 1: Průběh vodních stavů na dolní Vltavě a Labi v srpnu 2002



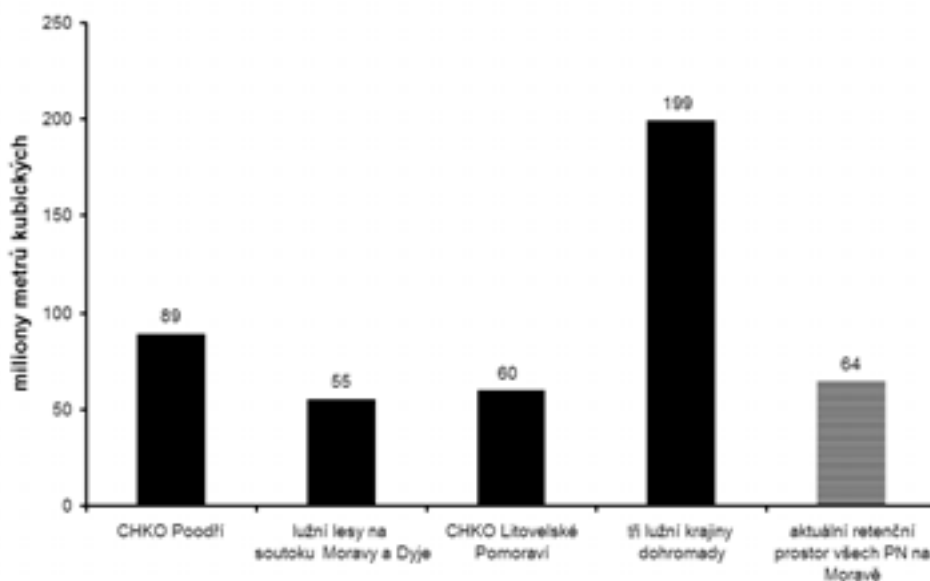
Zdroj: ČHMÚ 2003 [6]

Obr. 2: Průběh povodně na přítocích do nádrže Orlik v srpnu 2002



Zdroj: Upraveno podle ČHMÚ 2003 [6]

Obr. 3: Porovnání retenční kapacity lužní krajiny a přehradních nádrží při velké moravské povodni v roce 1997



Zdroj: kalkulace Hnutí DUHA podle Pelc 1998 [50] a Petříček 1998 [51]

Rozlivy v nivě velké řeky ve středoevropských podmínkách se zabývá řada výzkumných programů v území hraniční Moravy mezi Rakouskem a Slovenskem. V současné době probíhá v tomto území velký projekt, který řeší mimo jiné i možnost řízeného vypouštění povodňové vlny do původního rozsáhlého záplavového území, dnes odříznutého podélnými hrázemi.

Kromě zpomalení odtoku povodňové vlny dochází v nivě také k zásadnímu poklesu množství unášených plavenin. Materiál se zachycuje v keřových a lesních porostech a posléze se i usazuje ve stagnujících lagunách. Lužní lesy jsou na podobný přínos plavenin dobře adaptované, právě díky nim dosahují své mimořádně vysoké produktivity. Obdobně záplavy prospívají nivním lukám: s přineseným kalem a bahnem se sem dostanou cenné živiny, jež

zajišťují pozoruhodné výnosy píce i bez drahého hnojení [53]. Ke znásobení efektu čištění povodňové vody od unášených látek dochází při velkých povodních.

Příkladem extrémně velké retence sedimentů je relativně neškodné zachycení 800 tisíc tun usazenin v polopřírodní nivě hraničního úseku Moravy (km 32,25–67,15) na rakousko-slovenském pomezí při povodni v roce 1997. Toto množství bylo stanoveno kalkulací jako rozdíl mezi profily Záhorská Ves a Moravský sv. Ján [54]. Zachycování sedimentu samo o sobě přirozeně výšku záplavy neovlivní, významně však omezuje povodňové škody vznikající naplaveninami ve městech či obcích.

Na tomto případě lze dobře demonstrovat, že krajina polopřírodní nivy je na takové obohacování sedimentem adaptována: zanášecí procesy ji vlastně formují. Sedimenty zde tedy nezpůsobí škody a ekosystémem je rychle absorbuje. Revitalizace niv velkých řek by právě pro sedimentaci na vhodných plochách měly vytvářet optimální podmínky.

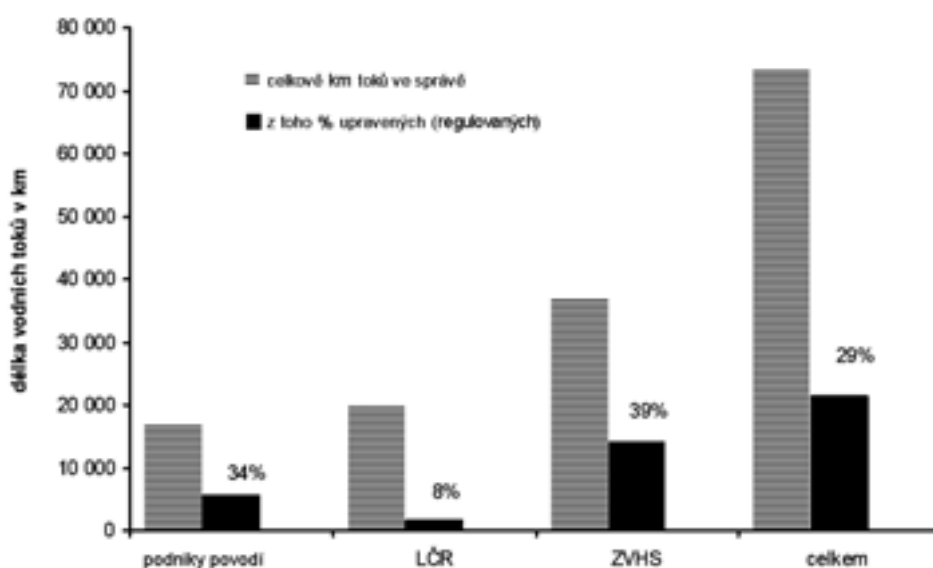
Retence povodňových průtoků v nivách potoků

Množství vody zachycené v rozlivu malého potoka nebo říčky se může zdát na první pohled nevýznamné v kontextu stovek vteřinových metrů kubických řítících se údolím velké řeky. Musíme ovšem kalkulovat s tím, že drobných vodních toků je na českém území 61 tisíc kilometrů [55] a mnoho z nich má vyvinutou dostatečně širokou údolní nivu.

Obecně rozšířený model využití potočních niv v první polovině 20. století byl založen na produkci sena. Nivní louka byla vlivem vyšší vlhkosti a občasnému obohacení o živiny z vodního kalu velmi produktivní a poskytovala více sečí ročně. Zaplavení tu bylo vnímáno ve většině případů pozitivně, v některých krajích se i louky speciálně upravovaly pro umělé zaplavování – tzv. podhánění [45] [53]. Teprve s kolektivizací a posléze zejména takzvanou racionalizací zemědělství vznikl tlak na zcela do té doby absurdní ochranu luk před zaplavením spojenou s požadavkem možnosti mechanizované sklizně nevhodnými těžkými stroji. Stát podporoval tento proces masivním subvencováním těchto staveb, jejichž ekonomická návratnost byla nereálná. Část pozemků v nivách potoků byla po odvodnění rozorána na obvykle nekvalitní ornou půdu [26] [56].

Pravidelně se opakující rozlivy do nivních luk se tak u drobných vodních toků staly obdobně řídkým jevem jako na velkých tocích. V České republice je upraveno 21 000 kilometrů vodních toků (29 % celkové délky), z čehož většinu tvoří drobné vodní toky (data správců toků, viz Obr. 4). Za eufemizmem „úprava vodního toku“ se často skrývají narovnávání, zkracování a výrazné prohlubování koryt, jejich dláždění ve dně i březích betonovými tvárniciemi, zatrubňování, výstavby kaskád, přehrázek a další podobné, tzv. tvrdé technické stavební úpravy.

Obr. 4: Poměr upravených a neupravených vodních toků ve správě Lesů ČR, podniků povodí a Zemědělské vodohospodářské správy



Zdroj: Analýza Hnutí DUHA na základě údajů jednotlivých správců toků

Nejvíce toků je upraveno v zemědělské krajině (převážně toky ve správě Zemědělské vodohospodářské správy). Ve správě jednotlivých podniků povodí je většina větších řek a část potoků hodnocených jako tzv. vodohospodářsky významné toky. Lesy ČR a další, zde neuvedení drobní správci, pak mají ve správě především drobné vodní toky.

Pokud bychom samostatně hodnotili jen velké řeky, bylo by procento upravenosti výrazně vyšší. Například jen Labe bylo na úseku od Jaroměře po Mělník zkráceno za posledních 200 let o 55 %: ze 404 kilometrů v roce 1800 na 181 km v roce 2000 [16] [31] [45].

Celková délka českých vodních toků se v průběhu 20. století zkrátila přibližně o třetinu [22]. Zkrácení toků má výrazně negativní vliv na rychlost průchodu povodňové vlny. Silně meandrujícím potokem postupuje čelo povodně pomaleji a současně se ihned rozlévá do okolní potoční nivy (viz též kap. 5.3.). Narovnané a nivelizované (všude stejně hluboké a stejně široké) koryto naopak průchod povodně výrazně urychluje a přispívá ke vzniku velmi vysoké kulminace povodně.

Lze tedy souhrnně konstatovat, že z necelých 80 tisíc kilometrů všech českých toků je přibližně třetina silně upravena a další významnou část ovlivňují úpravy výše po toku. Třetina délky toků již zanikla v minulosti provedenými úpravami. Velká většina těchto úprav snižuje množství zachycené a zpomalené vody při povodňových situacích, což vede ke zvyšování povodňových průtoků na dolních tocích velkých řek.

Od roku 1990 se podařilo revitalizovat 2,7 promile délky celkového počtu upravených toků. Tyto projekty se jen v minimální míře týkaly řek a soustřeďovaly se převážně na drobné vodní toky [57].

Kvantifikovat množství vody zadržené přirozenou nivou drobného vodního toku se pokoušelo více autorů. U drobných toků se podle modelových propočtů Agentury ochrany přírody a krajiny (AOPK) na jednom metru kvalitně revitalizovaného nebo přírodního toku při zvýšení hladiny podzemní vody pouze o 20 centimetrů předpokládá zadržení okolo 2,5 m³ vody v podzemí nivy [58]. Náklady na tuto retenci jsou pak obvykle nižší než na výstavbu drobné nádrže srovnatelného efektu.

Ústav meliorací a ochrany půd hodnotil pomocí modelových kalkulací, k jakému snížení retenční kapacity potoků došlo vlivem jejich nevhodné úpravy. Pro malé meandrující potoky s menším spádem při stoleté povodni klesá retenční schopnost o 70 %, v případě horských bystřin o 60 %. Konkrétní objemy byly zjištěny pro Martinický potok, kde úpravou došlo ke snížení retenčního prostoru o 26 000 m³ – což činí 74 % [59].

Další tisíce drobných vodních toků byly zatrubněny, takže jejich retenční a retardační schopnost klesla na minimum. Současně zmizela možnost rozlivu do potoční nivy při velkých povodních.

Retenční a retardační prostor, o který byla krajina ochuzena nevhodnými úpravami desítek tisíc kilometrů drobných vodních toků, je tedy enormní.

Infiltrační pásy podél vodních toků a vegetační ochrana břehů

Pozdržení a zachycení vody v nivách řek a potoků zásadně ovlivňuje výšku povodňové vlny. Dalším významným faktorem rozhodujícím o ničivém účinku povodně je množství půdy, písku, štěrku a kamení, které voda přemísťuje. Na jednom místě tak mizí ornice, jsou podemílány břehy a vyhloubena nová koryta – na místě jiném bahno zanáší města, vesnice a nánosy štěrku mohou znehodnotit i povodni odolné nivní louky.

Splavování jemných částic přítom může obvykle zabránit obyčejní travní drn a břehy ochrání přirozený břehový porost [13] [44] [60] [61] [62]. Obě velké povodně nám ukazují množství příkladů.

Zda při povodni proudí jen mírně zkalená voda, nebo se údolím valí směs bahna kamení a písku, nemá jen bezprostřední vliv na zahrady, domy a ulice. Velké množství vodou sebraného materiálu snadno zatarasí níže po toku říční koryto a divoká voda si vytvoří nové. V kulturní krajině je však nezbytné tyto přirozené korytotvorné procesy omezit.

Dobrym příkladem uspořádání krajiny, které je v souladu s přírodními procesy a zároveň se nekříží s nároky lidské společnosti na užívání, je plochá zatravněná či zalesněná niva se silně meandrující řekou či potokem. Takový tok má obvykle jen velmi mělké koryto a vyvinutý břehový porost. Dokonce i při malé pravidelné povodni voda vytéká do nivy a pomalu zde teče souběžně s potokem. Koryto není zničeno, protože většina vody plyne mimo něj, a současně jej chrání kořeny stromů a keřů. Při velké povodni pak teče většina vody nivou. Výška záplavy je nízká, protože se voda rozlévá do šíře. Povodňová vlna odnáší jen málo materiálu, naopak se velká část kalu a plavajícího materiálu zachytí na vegetaci. Voda totiž pomalu protéká celým říčním údolím jen v malé vrstvě. Například koryto výše diskutovaného horního toku Lužnice pojme při desetileté vodě 13 % vodní masy, při stoleté vodě už jen pouhých 8 %. Veškerá ostatní voda teče okolní nivou [48].

Oproti tomu uměle zahloubené koryto zvyšuje vymílací schopnost, které často neodolá ani masivní betonové opevnění břehů a dna. Voda pak odnáší zeminu z břehů a okolí vodního toku: tyto procesy ještě znásobí rozorání pozemků až k vodnímu toku.

Také jednoduchý travnatý infiltrační pás podél toku proto vykazuje velký účinek při zachycování splavenin. Podrobná měření prováděli například Osborne a Kovacic [63] a Dillaha et al. [64]. Druhá práce udává v mnoha experimentech

70–84 % zachycení splavované zeminy z přilehlého pole. Obdobně rychle klesá množství dusíku a fosforu rozpuštěného ve vodě (tamtéž).

Celková revitalizace říčních sítí

Diskutované dílčí aspekty, jako jsou retence vody v nivě či ochrana břehů a pozemků v nivě před vodní erozí, tvoří jen část problémů, které způsobily neuvážené úpravy říční sítě provedené v předchozích desetiletích. Představují však rozhodující faktor pro vliv stavu nivy na průběh povodně. Optimálně utvářená nivní krajina navíc významně přispívá k samočistění vody, biologické rozmanitosti, estetickému efektu, rekreačnímu potenciálu krajiny, příznivému lokálnímu klimatu aj. [27] [44] [63] [64] [65].

Celkovou revitalizaci říčních systémů však oproti výše diskutovaným dílčím opatřením v mnoha případech není možné realizovat. Nivy zaplněné rozsáhlými průmyslovými provozy, městy, infrastrukturou a velmi produktivní zemědělskou půdou se nikdy nepřiblíží ideálnímu stavu.

Nicméně je nezbytné využít příležitostí a v místech, kde průchod velké vody, převod zemědělských pozemků a jiné příležitosti umožní provést revitalizace celého povodí ve velkém měřítku, nezůstávat jen u dílčích opatření [57].

Přestože ambiciózně pojatý revitalizační program ministerstva životního prostředí [66] [67] si dal přímo do názvu Program revitalizace říčních systémů, ve skutečnosti se dosavadní efekt omezuje na dílčí, lokální projekty. Nicméně se během prvního desetiletí podařilo zavést řadu konkrétních technologií a postupů, které spolu s organizační strukturou a přibývajícimi poznatky dávají možnost celkově revitalizovat i celá větší povodí.

Využívat přitom lze protipovodňové ochrany v souvislosti s předchozím vyklizením území průchodem velké vody. Současně lze počítat s pozitivním vlivem implementace směrnice EU o vodní politice (2000/60/EC), která pracuje s neovlivněným přírodním tokem a nivou jako se základním referenční jednotkou.

5. Doporučená opatření

V této kapitole shrnujeme hlavní opatření, která by pomohla zvýšení retenční schopnosti krajiny a zmírnění škod při rozsáhlejších i silných lokálních povodních.

5.1. Zemědělská půda

Převod pozemků s velkým sklonem

Nejsnadnější cestou k omezení negativních vlivů svažitě zemědělské půdy je plánovitý převod do vhodnějších kategorií zalesněním a trvalým či dočasným zatravněním.

Takové pozemky jsou především v podhorských a horských oblastech. Vinou snah o intenzifikaci byly zorněny i přesto, že vlivem půdních a klimatických faktorů neposkytují kvalitní výnos plodin. Tento nedostatek byl vyrovnáván zejména intenzivním hnojením průmyslovými hnojivy. Takový postup se ukázal jako dlouhodobě ekonomicky i ekologicky neudržitelný.

V současnosti se převádí část pozemků na travní porosty, lesní pozemky nebo leží ladem.

Trvalé travní porosty mají obecně o 8–15 % větší pórovitost, což zvláště ve spojení s dobrou vsakovací schopností drnu již představuje značný retenční objem, který významně přispívá k omezení povodní [68].

Zvýšení retenční kapacity zemědělských pozemků

Retenční kapacitu orné půdy zvýší změna hospodářských postupů:

- konverze na ekologické zemědělství,
- podpora osevních postupů a zemědělských technologií, které zanechávají na povrchu větší množství organických zbytků a zkracují na minimum období černého úhoru.

Na svažitých pozemcích ohrožených vodní erozí je nutno začít budovat systém svodnic, mělkých zatravněných prohloubených pásů (hydroizotah) [69]. Ty zachytí soustředěný a plošný povrchový odtok při přívalových deštích. Podélný odtok je tak převeden na příčný a veden podkritickou rychlostí mírně přes vrstevnici. Mělké svodnice tedy slouží současně k zasakování srážkové vody, zamezení soustředěné vodní erozi a zachycení splavené ornice. Vzhledem ke své podobě mělkého příkopu jsou snadno udržovány jako luční porost a nemají velké nároky na zábor zemědělské půdy. Ve velkých polních honech mají i biologickou stabilizační funkci [26].

Vodu, která stéká povrchovým odtokem, lze zpomalit a převádět vsakem na odtok povrchovými vsakovacími pásy: souběžně s vrstevnicí orientovanými pruhy zeleně. Vodu tekoucí po povrchu zpomaluje zdrsňený povrch, a proto lépe vsakuje do hlubších vrstev.

Pro druhové složení vsakových pásů je vhodné volit hluboko kořenicí dřeviny, které podporují převod vody do hlubších vrstev půdy. Vsakové pásy musí mít šířku odpovídající rozloze plochy, pod kterou se nalézají a jejíž odtok mají zachycovat. Současně vsakový pás zachycuje splaveniny, je možným prvkem Územního systému ekologické stability (ÚSES), snižuje větrnou erozi, zabraňuje vysychání půdy a následným škodám na zemědělských plodinách.

Úprava nevhodných vodohospodářských úprav v polních honech

Likvidace nevhodného odvodnění a zrušení zatrubnění vodních toků na orné půdě povede současně ke zmenšení plochy orné půdy a ke zlepšení retardační schopnosti přirozenějšího povrchového vodního toku. Retenční schopnost území se zvětší v případě vzniku zátopového území v okolí obnovených vodních toků.

Názory na vliv odvodnění, respektive jeho opětovného zrušení, u delší dobu odvodněných ploch na retenční kapacitu této půdy jsou rozporné. Je nezbytné orientovat tímto směrem výzkum, založit vhodnou reprezentativní síť experimentálních povodí a ověřit optimální řešení meliorovaných ploch.

Odvodnění půd s větším podílem rašeliny však vede k její rychlé degradaci, a tím ke ztrátě neobyčejně velké retenční kapacity rašelinných a slatinných půd. Rašelina může poutat až třicetinasobné množství vody, než představuje její suchá hmotnost. Po odvodnění se rašelinné půdy rychle rozkládají, uvolňuje se velké množství rozpuštěných látek a odtékající voda je zatěžována huminovými kyselinami. Ztrácí se tím nejen území rašelinišť a zrašelinělých půd, které vážou velké množství vody, ale nastávají i velké problémy s úpravou takové vody ve vodárnách [70].

Komplexní pozemkové úpravy

Nástrojem, který umožňuje zásadní změnu skladby pozemků a trasování liniových prvků v zemědělské krajině, jsou komplexní pozemkové úpravy. Na rozdíl od dílčích nebo plošných opatření týkajících se jednotlivých polních honů je zde možno uvažovat o kompletním přeskupení pozemků, vzniku vhodných pásů, obnovení mezí, vrstevnicových polních cest, vytvoření chybějících skladebných prvků ÚSES apod.

Územní systém ekologické stability (ÚSES)

V současné době navrhované a budované prvky ÚSES by mohly při vhodném trasování výrazně zvýšit retenční účinek zemědělské krajiny. Je nezbytné upravit metodiku plánování jednotlivých prvků ÚSES tak, aby měly v rámci možností co největší protipovodňovou účinnost (vytvářely zasakovací pásy, bránily erozi).

Cestní síť

Polní cesty musí být navrhovány tak, aby rozdělovaly svahové pozemky nadlimitní délky a přerušovaly povrchový odtok. Sklon nesmí překročit 7–10 % [25]. Legislativní úprava by měla stanovit povinnost majitele pozemku sanovat dočasné a zrušené polní či lesní cesty, které zvyšují soustředěný odtok.

5.2. Lesy

Změna druhové skladby a smíšení

Zlepšení retenční schopnosti lesních porostů přispěje ke zvýšení počtu hlubokokořenících dřevin s příznivým vlivem na vsak a ochranu půdy (melioračních a zpevňujících dřevin). Pro ohrožené půdy a půdy s příznivými podmínkami pro retenci je proto nezbytné volit druhově pestré směsi s významným podílem hlubokokořenících dřevin (zejména buku, jedle, lípy, javoru a dubu). Pěstování těchto druhů v jednotlivém nebo skupinkovitém smíšení zvýší retenční kapacitu půdy hlubším a rovnoměrnějším zaplněním půdního prostoru.

Hnutí DUHA doporučuje zvýšit podíl listnatých dřevin a jedle na obnově (podíl ze sázených stromů) ze současných 45 % na 60 % a v cílové druhové skladbě na 70 %.

Nezbytná je především novelizace vyhlášky ministerstva zemědělství k zákonu o lesích (rámcové vymezení hospodářských souborů lesních typů). Vyhláška by měla stanovit minimální podíl melioračních a stabilizačních dřevin pro jednotlivé hospodářské soubory lesních typů zvláště pro státní pozemky a zvláště pro porosty soukromé. Ve státních lesích se musí podíl významně zvýšit, u soukromých ponechat ve stávající úrovni.

Mezi závazné ukazatele lesních hospodářských plánů musí patřit nejen minimální podíl melioračních a zpevňujících dřevin na obnově (výsadbě), ale rovněž v cílové skladbě porostu.

Konečně třetím nutným krokem je zrušení dotací na výsadbu smrku s výjimkou stanovišť a míry jeho přirozeného výskytu.

Obnovní způsoby lesa

Volba vhodných šetrných postupů lesnické obnovy – tedy těžby dřeva a výsadby nových stromů – předchází rozsáhlejšímu odkrytí půdy s následkem rychlé mineralizace humusu a degradace svrchních humusových půdních horizontů i ztráty zasakovací schopnosti.

Měly by být proto v zásadě vyloučeny holoseče a preferovány výběrné nebo clonné (podrostní) způsoby obnovy či přinejhorším maloplošné (neholosečné) pasečné obnovní postupy (náseky a pruhové seče).

V porostech s dochovanou přírodě blízkou druhovou skladbou je potřeba legislativní úpravou zvýšit mýtní věk pro buk nad 120 let, pro jedli, smrk, dub a borovici na 150–170 let.

U všech hospodářských porostů je nutné výrazně zvýšit obnovní dobu (40–60 let), aby došlo k prostorové diferenciaci porostů, a nedocházelo tak k případné velkoplošné jednorázové obnově lesa.

V lesích ochranných by měly být výslovně zákonem zakázány holoseče. V ostatních lesích Hnutí DUHA doporučuje omezení maximální přípustné velikosti holoseče na 0,3 hektaru, respektive 0,5 ha v případě borových a dubových porostů.

Kolem vodních toků je potřeba stanovit ochranné pásmo na jednu porostní výšku, kde bude vyloučena holoseč a další způsoby obhospodařování, kdy je použita těžká mechanizace a dochází k narušení půdního krytu.

Lesní dopravní síť

Cestní síť v lesích, včetně přibližovacích a vyklizovacích linií je nezbytné optimalizovat (vybrat efektivní síť, zrušit nadbytečné cesty a rizikové stavby), stabilizovat a považovat ji za trvalou. V hydrologicky významných oblastech je nutné využívat stávajících cest s vhodným sklonem a trasováním a nové lesní cesty již nebudovat. Staré nepotřebné a nevhodně trasované cesty by měly být asanovány s důrazem na zamezení eroze.

Změna těžební technologie může přitom zmenšovat potřebu hustoty cestní sítě. Například využitím lanovek oproti traktorům se zmenšuje potřeba cest více než o polovinu, zatímco nasazení harvesterů mnohonásobně zvyšuje nároky na hustotu cestní sítě – zejména vyklizovacích linií.

Důležitá jsou rovněž technická řešení. Při výstavbě a opravách zpevněných odvozních cest musí být preferovány propustné materiály (speciální zaválcované směsi různých zrnitostí šterku) namísto zcela nepropustných asfaltových povrchů. Odvodnění musí být prováděno tak, aby se voda, která z cest odtéká, v co největší míře vsakovala do půdy.

Lesnická technika a mechanizace

Majitelé lesů a jejich dodavatelé musí při těžbě dřeva využívat šetrných technologických postupů, které minimálně negativně působí na porušování a zejména zhutňování lesní půdy:

- dovolit pohyb těžkých mechanizačních prostředků pouze po vyznačených trvalých liniích a zamezit jakémukoli pohybu mechanizace po porostní půdě mimo ně,
- pokrytí přibližovacích linek klestem před pojezdem techniky,
- využití lanovek ve svažitých a vodohospodářsky významných oblastech.

Zachování části dřevní hmoty v lese

Mrtvé dřevo akumuluje vodu. Proto pokud tím přímo není ohrožen zdravotní stav lesa (například při kalamitním výskytu dřevokazného hmyzu), je nezbytné ponechávat co největší množství biomasy po těžbě v porostech: veškerý klest a větve neohrožující odolnost lesa proti škůdcům, nahnílé ležící i méně hodnotné stojící dřevo.

5.3. Nivy a vodní toky

Bezesporu největší potenciál pro snížení dopadů povodní mají v krajině opatření zvyšující retenční kapacitu říčních a potočních niv či omezující rychlost průtoku záplavové vlny.

Obnovení rozlivů v nivách řek

Většina řek na našem území byla v průběhu 20. století zbavena svého přirozeného záplavového území vlivem regulace či kanalizace toku a výstavby podélných hrází. Obnova těchto rozlivů patří mezi nejúčinnější opatření ke zmírnění povodní níže po toku. Může tak být zadrženo množství vody převyšující kapacitu velkých přehradních nádrží.

Rozlivy mohou být přirozené v málo narušených nivních krajinách, jako jsou komplexy lužních lesů na soutoku Dyje s Moravou, CHKO Litovelské Pomoraví, CHKO Poodří, CHKO Třeboňsko, komplexy lesů podél Labe u Mělníka a NPR Libický luh. V takových územích je nutné rozpracovat strategii ochrany jednotlivých sídel a zamezit vzniku staveb, které by rozlivům bránily. Opatření se zde tedy soustředí na ochranu dochovaného stavu a jeho drobná vylepšení. MŽP by mělo pověřit jednotlivé správy CHKO a regionální pracoviště zpracováním souhrnného materiálu o protipovodňovém přínosu velkoplošných chráněných území a náležitě získané informace využít při podpoře protipovodňové ochrany.

Odlíšná opatření je potřebné uplatnit na většině plochy niv, kde byla jejich protipovodňová funkce zásadně narušena. Nejčastěji se jedná o synergický účinek prohloubení, opevnění a zjednodušení koryta zesílený výstavbou neodsazených podélných hrází. Dochází tak k tzv. neškodnému převedení velkých vod, což byl v minulosti jeden z hlavních důvodů regulace toků.

Koncept převedení velkých vod je zásadně mylný svou nekonceptností: záplava se prostě přesouvá z výše položeného povodí do níže položeného, kde navíc dochází ke znásobení povodňových škod. V případě mohutné technické úpravy celého povodí pak navíc enormně vzrostou škody na majetku při případném růstu hladiny nad projektovanou výšku a zaplavení nezodpovědně povolených nových obytných a průmyslových komplexů v potenciální povodňové zóně.

V těchto územích je nutné vypracovat koncepci diferencované ochrany území, která zajistí vysokou ochranu sídlům, nižší orné půdě a minimální lučním a lesním porostům. V České republice takový koncept doposud není připravován na žádném větším pilotním povodí. Obdobný proces tak probíhá nejlépe v nivě Moravy na rakousko-slovenské hranici.

V sousedních zemích se systém odsazených podélných hrází, suchých poldrů a řízených rozlivů do okolního území již uplatňuje například na toku Rýna [15]. Jen tři největší takto vyčleněné nové retenční prostory dosahují úctyhodných objemů: Bislicher Insel 50 milionů m³, Bylerward 30 mil. m³ a Ilvericher Bruch 25 mil. m³ [71] – srovnej s grafem na Obr. 8. Takové systémy minimalizující trvalý zábor půdy a krajiny jsou u nás zatím jen ve stádiu příprav.

Platný Státní program ochrany přírody a krajiny ministerstvem zemědělství, životního prostředí a pro místní rozvoj předepíše doslova:

„Navracet nivám řek jejich původní rozmanité ekologické funkce včetně neškodného převedení povodní. Za tím účelem zvyšovat v těchto nivách podíl luk a lužních lesů, odstraňovat nevhodné stavby, zavádět systém odsazených hrází a posilovat významné hydrologické sítě (propojovat trvale zavodňovaný systém kanálů a slepých ramen).“ [22]

Úkol však nemá žádné konkrétní termíny a v praxi není plněn.

Realizace se zatím dočkal jediný významnější záměr, nota bene nikoli kvůli protipovodňové ochraně, nýbrž jako reakce na usychání produkčních lužních lesů. V poleší Soutok uskutečnil lesní závod Židlochovice Lesů ČR rozsáhlé práce s cílem obnovit zaplavování velkého komplexu lužních lesů. Obnoveno zde bylo 70 kilometrů lesních kanálů a výstavbou stavidel a hraditelných propustí uměle obnoveno povodňování lesů v jarních měsících, které nasazuje vždy, když nedojde k přirozené zátopě při povodňové vlně. Díky tomu došlo k přirozené obnově mnoha periodických tůň i některých zaniklých tůň trvalých. Vznikly i tůně nové vyhrnutím zeminy na místě sníženin, které signalizovaly dřívější přítomnost mrtvých ramen [72] [73]. Výrazně tak vzrostla retenční a zejména retardační schopnost území. Při povodni v roce 1997 toto jen částečně zrevitalizované území zadrželo 50–60 milionů kubíků vody [51].

Obnovení retence povodňových průtoků v nivách potoků

Pro obnovení akumulace a zpomalení povodňových průtoků je nutné diferencovat opatření podle stupně poškození nivy vodního toku.

Dosud zachovalé nivy je nutné chránit před nevhodnými zásahy, což by mělo zabezpečovat ustanovení o vodním toku jako významném vodním prvku ze zákona. Dosud však v některých krajích přetrvává praxe budovat nebo obnovovat nevhodné úpravy vodních toků pod zástěrkou revitalizačních aktivit. Na tomto jevu se podílejí zejména regionální Zemědělské vodohospodářské správy ZVHS (dříve Státní meliorační správa). Hlavní zodpovědnost zde leží na Regionálních poradních sborech Programu revitalizace říčních systémů (PRŘS) vedeného AOPK, které by měly zabránit zneužívání prostředků daňových poplatníků na projekty, jež jsou paradoxně v přímém rozporu se záměrem tohoto programu.

Tisíce kilometrů vodních toků však bude nutno komplexně revitalizovat, a navrátit jim tak přirozenou akumulaci schopnost v okolní nivě. Zde je však nutno důsledně rozlišovat mezi částečnou revitalizací, která se často omezuje na drobné morfologické a estetické úpravy vlastního koryta, a úplnou revitalizací, jež toku vrací retenční schopnost [57].

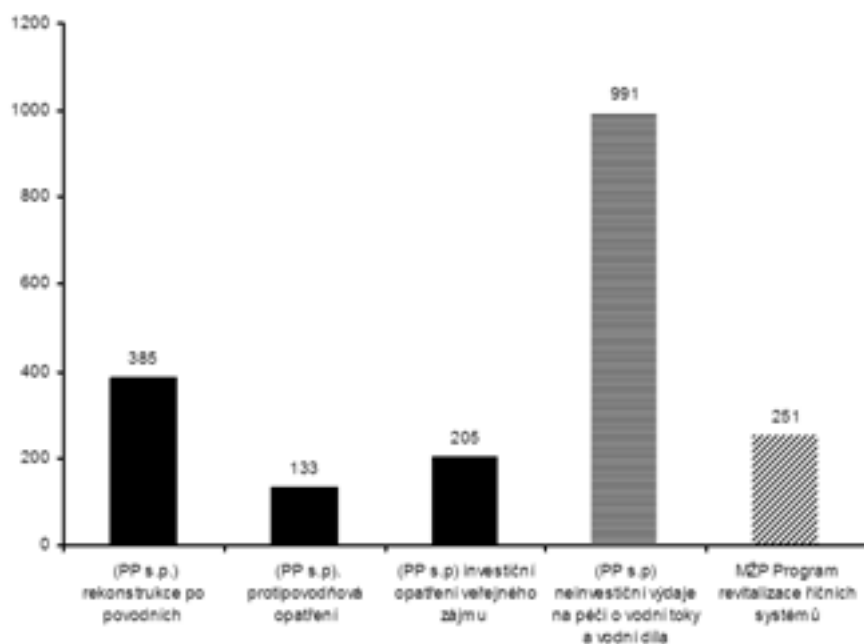
Revitalizaci vodních toků vláda uložila ministerstvem životního prostředí a zemědělství, když ve Státním programu ochrany přírody a krajiny požaduje:

„Přednostně revitalizovat vodní toky v minulosti zatrubněné nebo jinak nadměrně regulované, napravovat důsledky systematického odvodnění a podporovat zakládání i obnovu drobných rybníků, nádrží a mokřadů na zemědělské půdě s převahou mimoprodukčních funkcí. Vytvořit podmínky pro účinnější řešení vlastnických vztahů při naplňování vládního programu Revitalizace říčních systémů.“ [22]

Pokusem o posouzení, nakolik se ministerstvem daří tento úkol plnit, dojdeme k tristním výsledkům.

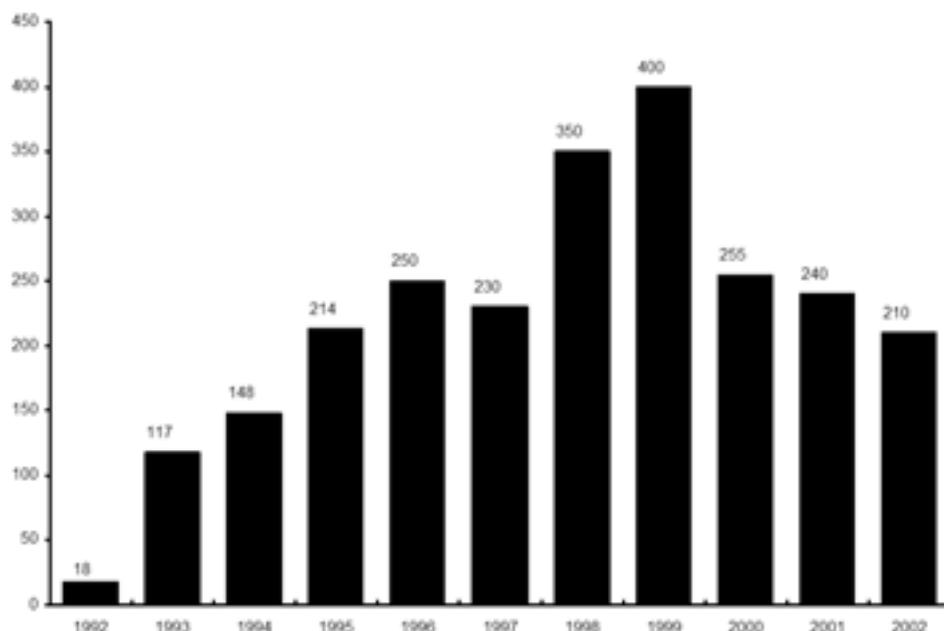
Ministerstvo zemědělství žádný významnější program na odtrubnění a revitalizaci vodních toků nezřídilo. Finanční prostředky na vodní hospodářství naopak investuje prostřednictvím podniků Povodí především do stavebních úprav na velkých tocích. V roce 2000 tak na rekonstrukce po povodních a protipovodňová opatření stát utratil 517 milionů korun. Na tzv. investiční opatření veřejného zájmu vynaložily podniky Povodí v roce 2000 z vlastních prostředků 205 milionů. Celkové neinvestiční výdaje na péči o vodní toky a vodní díla zahrnující vlastní i státní zdroje vykázaly ve výši 991 milionů [55]. Vlastní prostředky získávají státní podniky Povodí zejména z poplatků za odběry vody či jiné užívání a z výroby elektrické energie v přehradách.

Obr. 5: Porovnání výdajů na Program revitalizace říčních systémů s některými rozpočtovými položkami státních podniků Povodí v roce 2000 (v milionech korun)



MŽP řídí Program revitalizace říčních systémů. Ale rozpočtové prostředky investované do tohoto programu nikdy nedosáhly potřebné výše a od roku 1999 soustavně klesají – už téměř o 50 %. Při porovnání s výdaji Podniků povodí je nedostatečnost prostředků na revitalizaci zvláště výrazná.

Obr. 6: Přidělené finanční prostředky v rámci Programu revitalizace říčních systémů (1992–2002) v milionech korun



Efekt revitalizací je tak velmi malý a na celkové retenční schopnosti krajiny se dosud nemohl projevit. Z 2,7 promile upravených vodních toků, které byly dosud revitalizovány, šlo navíc jen v malém počtu případů o celkovou revitalizaci [57]. Velkou výhodou však představuje skutečnost, že na rozdíl od situace na velkých řekách jsou u drobných vodních toků v domácím českém prostředí známy modelové projekty.

Například potok Borová v jihočeské CHKO Blanský les byl v roce 1984 napřímen, opevněn betonovou dlažbou a zahlouben místy až 180 cm pod úroveň terénu. Okolní pozemky s trvalými travními porosty byly odvodněny. Došlo k silnému narušení vodního režimu území a jeho celková biologická diverzita poklesla. Revitalizační projekt v devadesátých letech obnovil původní mělké meandrující koryto, doplnil chybějící břehový porost a upravil okolní krajinu. Návrh revitalizace Borové byl oceněn jako Ekologický projekt roku 1996. Celková revitalizace realizovaná Správou CHKO Blanský les dokázala sloučit některé požadavky tradičně považované za obtížně splnitelné. Na jedné straně zachovala stávající odběrné objekty a výusti (napajedlo, drenáže), na straně druhé vytvořila přírodní mělké koryto, několik tůní a mokřad. Správnost navržené koncepce úplných revitalizací prověřila místní povodeň v roce 2001 (zhruba stoletá voda), kdy nedošlo k žádným významnějším škodám a niva po vyběžení zmírnila průběh přívalové vlny neškodným rozlivem [74].

Nutné je tedy zásadně zvýšit množství prostředků pravidelně věnovaných na celkové revitalizace vodních toků s významným protipovodňovým významem. Hnutí DUHA doporučuje, aby státní rozpočet na tyto projekty věnoval částku odpovídající 1 % povodňových škod v roce 2002 pro každý resort.

Ministerstva zároveň musí demonstrovat přínosy dosud realizovaných úspěšných revitalizačních opatření, seznámit s nimi veřejnost, obce i poslance. Pokud MŽP, ministerstvo zemědělství a zejména AOPK získají pro realizaci revitalizací širokou podporu a eliminují dnešní excesy systémů řízení rozdělování dotací, může takový požadavek být reálný.

Vícestupňové ochranné vegetační pásy podél břehů

Proti odnášení ornice a materiálu z břehů a dna vodního toku optimálně chrání členité mělké stabilní koryto s dřevinným doprovodem ležící v zalesněném nebo zatravněném území. Vlivem technických úprav provedených v minulém století ale většina toků leží v zahloubených napřímených umělých korytech, často obklopených bezprostředně navazující ornou půdou.

V těchto případech je tam, kde není možná celková revitalizace nivy, nezbytné podél toku alespoň obnovit břehový porost a zřídit ochranný vegetační pás.

Břehové porosty

O vhodnosti ochrany břehů břehovým porostem se v minulosti vedly ostré spory. Přes přechodnou převahu názoru o škodlivém vlivu keřů a nízkých stromů na průtočnou kapacitu můžeme dokonce i v letech 1950–1990 najít množství prací dokladujících obecně kladný vliv břehového porostu [13] [31] [56] [60] [62] [75] [76].

Navzdory přetrvávajícím občasným snahám odstraňovat z břehů řek a potoků stromy je nyní jednoznačně dokázán jejich pozitivní účinek na ochranu břehů a zpomalování rychlosti proudu. U toků s větším spádem pak vegetační doprovod zpevňuje balvanité okolí vodního toku, případně v podobě polehlého keřového porostu přímo i nestabilní štěrkové substráty [14] [22] [25] [57] [58] [59] [74].

Vyloučíme-li případy, kdy nevhodně rostlý strom či keř zatarasuje propustek pod cestou nebo mostní objekt, je hustý vegetační kryt přínosem. Mechanicky chrání břehy před boční erozí, u nížinných potoků prokořeněním pod dnem brání i erozi hloubkové. Současně širší pás příbřežního luhu rovněž účinně zachycuje unášené bahno a plovoucí předměty, jejichž množství pak směrem dolů po toku nenarůstá.

U velkých vodních toků je nezbytné chránit nebo obnovit břehový porost a postupně jej rozšiřovat z jednořadého stromořadí do podoby širšího pásu. Ministerstvo životního prostředí by mělo vyhledat reprezentativní soubor břehových lemů a příbřežních luhů, kterými prošla povodňová vlna, a zhodnotit, do jakého spádu vodního toku je taková úprava břehů vhodná.

K drobným vodním tokům je nutné dosadit patrovité břehové porosty a v místech, kde to není možné, alespoň pásy málo vzrůstných keřů. Nevyužívané potoční nivy musí být převedeny na potoční luh tvořený místními dřevinami.

Travnaté infiltrační pásy

Podél všech vodních toků, rybníků, nádrží a dalších vodních útvarů ve volné krajině je nutné stanovit v ochranném povodňovém pásmu povinný pás rovný desetinásobku šířky vodního toku, minimálně však v šířce 20 metrů, do výšky 10 metrů nad standardní hladinou toku, kde bude vyloučena orná půda. V praxi to znamená, že budou zatravněny nebo převedeny na les.

Převod pozemků na trvalé travní porosty a podobné kultury povede ke zvýšení zaskakování vody i zachycování živin a smyté půdy [63] [64] [68].

Opatření takového typu nebude v našem právním řádu nové: má legislativní podstatou věci víceméně identický precedent. Ustanovení o ochraně takového pásu v české legislativě zavádí – s platností od data vstupu do EU – nařízení vlády o zranitelných oblastech (Nařízení vlády 103/2003 o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech), kterým se naplňuje vodní zákon. Travnatý pás široký jeden metr je však z hlediska účinné protipovodňové ochrany zcela nedostačující.

Pás šíře 20 metrů u drobných toků a přiměřeně širší u toků širších než 2 metry je rozumným kompromisem mezi zatravněním celé nivy a neuváženým zorněním blízko hrany toku. Podobná ochrana toků se používá rovněž v zemích EU. Například v Dánsku je kolem drobných vodních toků již delší dobu povinný ochranný pás 2 m široký.

Pro založení pásů by měla být vytvořena dostatečně dlouhá lhůta – v případě menších toků deset let, na větších řekách i delší. Celá změna by ale neměla být provedena později než do roku 2020.

Současně je nezbytné vytvořit podmínky pro postupnou eliminaci orné půdy v záplavových územích.

S předstihem by měl být vyhlášen program podpory převodu orné půdy v záplavových územích na trvalé travní porosty nebo jiné kultury bez černého úhoru sestávající se z postupného zrušení dotací na ornou půdu a v takových místech doprovázeného podporou zatravnění.

V prvním kroku je nezbytné, aby státní subvence přestaly stimulovat rozorávání těchto ploch. Proto Hnutí DUHA považuje za nezbytné s platností nejpozději od roku 2007 vyloučit z dotačních programů ornou půdu v záplavových územích nacházejících se v CHKO a národních parcích. Perspektivně – v koordinaci s lhůtami pro vytváření zelených pásů – by je měla následovat rovněž ostatní krajina.

Obdobně na lesní půdě je třeba stanovit v ochranném povodňovém pásmu, který se rovná desetinásobku šířky vodního toku, minimálně však v šířce 20 metrů, povinnost převést veškeré pozemky na lesy ochranné s přirozenou druhovou skladbou.

Celková revitalizace říčních systémů a povodí

Celková revitalizace většího uceleného území spojuje ve funkční celek výše diskutovaná opatření s dalšími, které směřují k šetrnému a bezpečnějšímu využívání krajiny [59] [78].

V Programu revitalizace říčních systémů je nutné důsledně přecházet od dílčích revitalizačních staveb a drobných náprav tvrdě upravených toků k celkovým revitalizacím toku, nivy a povodí.

MŽP musí vypracovat dlouhodobou strategii revitalizací vodních a s vodou spojených ekosystémů, přičemž musí vycházet z moderních poznatků, zkušeností s dvěma velkými povodněmi a zohledňovat rámcovou směrnici EU o vodní politice (Směrnice 2000/60/EC ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky).

6. Literatura

- [1] Summary for policymakers. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. A report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva 2001
- [2] Zpráva o plnění Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky, Ministerstvo životního prostředí, Praha 2003
- [3] Poláček, L. (2001): Údolní niva, velkomoravská centra a povodně, *Veronica* 15 (1): 16
- [4] Neuhauslová, Z.: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Academia, Praha 2001
- [5] Sádlo, J., et Storch, D.: Biologie krajiny – biotopy České republiky, Vesmír, Praha 2000
- [6] Český hydrometeorologický ústav: Předběžná souhrnná zpráva o hydrometeorologické situaci při povodni v srpnu 2002 – 4. verze, www.chmu.cz/hydro/pov02/pred_zpr.htm, 11. 7. 2003
- [7] Krešl, J.: Lesnické meliorace, VŠZ, Brno 1993
- [8] Český hydrometeorologický ústav: Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva projektu, www.chmi.cz/hydro/souhrn/obsah.html, 15. 7. 2003
- [9] Pobědinskij, V.M., et Krečmer, V.: Funkce lesů v ochraně vod a půdy, Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1984
- [10] Krešl, J. (1999): Vliv lesa na utváření odtoku při přívalových a dlouhotrvajících deštích, *Lesnická práce* 78: 501
- [11] Olszewski, J. (1965): Rainfall measurements in Quercus – Carpinetum medioeuropaeum Tuxen 1936 in Bialowieza National Park, *Sylvan* 3: 27–32
- [12] Tomanek, J. (1958): Pluviometric investigations performed in piceeto-pinnetum forest type of the Bialowieza national park. *Roczniki Nauk Lesnych* 21 (175): 61–95.
- [13] Binder, R.: Zahrádzenie bystrín, Oráč, Bratislava 1950
- [14] Marhoun, K., Petříček, V., Šindlar, M., Zuna, J., Zbořilová, H. (2000): Zadávání, zpracování, posuzování a využívání studií programu revitalizace říčních systémů. Metodické doporučení AOPK ČR, AOPK ČR 2000
- [15] Pokorný, D.: Zvýšení ochrany před povodněmi zapojením změn ve využití krajiny. In: Míchal, I (ed.): Tvář naší země – krajina domova. Sborník z konference, Česká komora architektů, Lomnice n. Popelkou 2001
- [16] Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2002, MŽP-ČSÚ, Praha 2002
- [17] Hůla, J., Abrham, Z., et Bauer, F.: Zpracování půdy, Brázda, Praha 1997
- [18] Moldenhauer, W.C.: A comparison of conservation tillage systems for reducing soil erosion. In.: A systems approach to conservation tillage, Lewis Publishers, Michigan 1985
- [19] Davies, B. et al: Soil management, Farming Press, London 1993
- [20] Verschuur, G., Pražan, J., et Lughofer, S.: Protecting nature in rural areas outside Natura 2000 - the role of agriculture, European Environmental Bureau, Bruxelles 2003
- [21] Sysel, I., et Novák, P. (eds.): Situační a výhledová zpráva – Půda. MZe, Praha 1999
- [22] Miřoch, S., Hošek, J. et Pelc, F. (eds.): Státní program ochrany přírody a krajiny ČR, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha 1998
- [23] Míchal, I. (ed.): Tvář naší země - krajina domova. Sborník konference, Pražský Hrad – Průhonice 21.–23. 2. 2001. Česká komora architektů, Lomnice nad Popelkou 2001
- [24] Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2001, MŽP, Praha 2002
- [25] Urbanová, M., et al.: Inženýrská díla v krajině I.+II. Universita J.E. Purkyně, Ústí nad Labem 1999
- [26] Kudrna, K.: Zemědělské soustavy, Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1979
- [27] Eiseltová, M., et Biggs, J. (eds.): Restoration of stream ecosystems – an integrated catchment approach. International Waterfowl and Wetlands Research Bureau Publication 37, 1995
- [28] Chlebek, A., et al. (1997): Dlouhodobé odtoky z malých povodí. *Lesnictví* 43 (10): 433–434
- [29] Válek, Z.: Lesy, pole a pastviny v hydrologii pramenných oblastí Kýchové a Zděchovky, Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha 1962
- [30] Válek, Z.: Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozní činitel, Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1977
- [31] Štolc, J.: Voda jako krajinnotvorná složka. In: Mezera, A. et al.: Tvorba a ochrana krajiny. STN, Praha 1979
- [32] Jařabáč, M., Bělský, J., et Tureček, B. (2002): Dřeviny tlumí povodňové škody, ale výjimečně mohou i škodit, *Lesnická práce*, 81: 414–415
- [33] Skibniewska, H. (1962): Trial settlement of influence of forest for the stage of ground-waters, *Wiedomosci Sluzby Hydrologiczno-Meteorologicznej* 4: 3–18
- [34] Kantor, P. (1992): Změny vodní bilance smrkového porostu po jeho obnově holou sečí, *Lesnictví-Forestry*, 38: 823–838
- [35] Kantor, P. (1995): Vodní režim bukového porostu před jeho obnovou holou sečí, *Lesnictví-Forestry*, 41: 1–10
- [36] Kantor, P., et Šach, F. (2002): Možnosti lesů při tlumení povodní, *Lesnická práce* 81: 493-495
- [37] Fall, B.: 1966 Odpływ z terenu Puszczy Białowieskiej w zlewni rzeki Narewki. Nr.10/1966 „Gospodarka Wodna“, Biuletyn Panstwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego Ibidem – 26 (10): 397–398
- [38] Obmiński, Z. (1960): Badania nad wahaniami poziomu wód gruntowych w niektórych biotopach Białowieskiego Parku Narodowego, *Pracy Instytutu badani lesniczych* 201: 162
- [39] Moľčanov, A.A.: Cykly atmosférych osadkov v rozličných prírodných zónach v oddělných typoch lesa, Moskva 1970
- [40] Úlehla, V.: Napojme prameny, Život a práce, Praha 1947
- [41] Nageli, W. (1959): Versuche zum Problem des Oberflächenabflusses bei Wald und Weideboden, Publications of the International Association of Hydrological Scientists 48
- [42] Nakano, H., et Kihuya, A. (1963): ex Hůla, J., Abrham, Z., Bauer, F.: Zpracování půdy, Brázda, Praha 1997
- [43] Trimble, G.R., et Reinhart, K., G. (1963): ex Hůla, J., Abrham, Z., Bauer, F.: Zpracování půdy, Brázda, Praha 1997
- [44] Gregory, V.S., Swanson, F.J., McKee, W.A., et Cummins, K., W. (1991): An ecosystem perspective of riparian zones, *BioScience* 41 (8): 540–551
- [45] Smetana, J: Jest možno docíliť úplné ochrany stredného Labe pred veľkými vodami?, otisk prednášky prednesenej na Valné hromadé Melioračního svazu pro Čechy dne 17. 5. 1927 v Praze.
- [46] Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2001, MŽP-ČSÚ, Praha 2001
- [47] Labe – cenný přírodní klenot Evropy, Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Berlin 1995
- [48] Pithart, D., Prach, K., Simon, O., et Hartvich, P.: Přirozené rozlivy v nivách řek. In: Prach, K., et Pithart, D. (eds.): Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách, MŽP, v tisku
- [49] Novotný, J. (1949): Úloha rybníků ve vodním hospodářství, *Práce a studie, sešit 81*, Státní ústav hydrologický TGM
- [50] Pelc, F.: Význam velkoplošných chráněných území pro ochranu mokřadů a záchyt vody v krajině. In: Němec, J. (ed.): Krajina a voda, Sborník z konference 22.–24. 4. 1998 Veselí nad Moravou, AOPK ČR-MŽP-MZe, Praha 1999

- [51] Petříček, V.: Příčiny, průběh, důsledky povodní a náprava účinků na přírodu a krajinu. In: Němec, J. (ed.): Krajina a voda, Sborník z konference 22.-24. 4. 1998 Veselí nad Moravou, AOPK ČR-MŽP-MZe, Praha 1999
- [52] Zmapování stávající úrovně protipovodňové ochrany v povodí Labe, Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburk 2001
- [53] Rybanič, R., Šeffler, J., et Čierna, M.: Ekonomické hodnotenie prínosov ochrany a obnovy aluviálnych lúk. In: Šeffler, J., et Stanová, V. (eds.): Aluviálne lúky rieky Moravy – význam, obnova a manažment, Daphne – Centrum pre aplikovanú ekológiu, Bratislava 1999
- [54] Valachovič, D., Holubová, K., Šíbl, J.: Obnova vodného režimu na dolnom úseku rieky Moravy. In: Kovařík, P., et Machar, I. (eds.): Mokřady 2000. Sborník z konference při příležitosti 10. výročí vzniku CHKO Litovelské pomoraví, Správa CHKO ČR a Český ramsarský výbor, Praha 2001
- [55] Modrá zpráva – zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky k 31. 12. 2000. MZe-MŽP, Lesnická práce, Praha 2001
- [56] Jonáš, V., et al.: Pozemkové úpravy, SZN, Praha 1990
- [57] Simon, O., et Pithart, D.: Revitalizace v nivách ČR. In: Prach, K., et Pithart, D. (eds.): Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách, MŽP, 2003
- [58] Just, T.: Poznámky k revitalizacím vodního prostředí. Interní materiál AOPK - středisko Praha, 2000
- [59] Šindlar, M.: Zpracování a využití studií revitalizací říčních systémů. in: Krajinotvorné programy Příbram 4.-6. 11. 1997, Consult, Praha 1998
- [60] Novák, L., Ibllová, M., et Škopek, V.: Vegetační doprovody vodních toků, SZN, Praha 1979
- [61] Prach, K., et Pithart, D. (eds.): Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách, MŽP, 2003
- [62] Vaníček, V.: Biologické úpravy vodních toků a říční eroze, SNTL, Praha 1959
- [63] Osborne, L.L., et Kovacic, D.A. (1993): Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management, *Freshwater Biology* 29: 243-258
- [64] Dillaha, T.A., Reneau, R.B., et Mostaghimi, D.L. (1989): Vegetative filter strip agricultural nonpoint source pollution control, *Transactions of the ASAE* 32 (2): 513-519
- [65] Björk, S.: Degradace vnitrozemských vod způsobená člověkem. In: Eiseltová, M. (ed.): Obnova jezerních ekosystémů, *Wetlands International* 32, 1996
- [66] Kender, J. (1996): Program revitalizace říčních systémů. *Planeta* 3-5
- [67] Novotná, D., Kender, J.: Program revitalizace říčních systémů – šest let existence. In: Krajinotvorné programy Příbram 4.-6. 11. 1997, Consult, Praha 1998
- [68] Kvítek, T.: Změna rozmístění trvalých kultur v krajině a vztah ke složkám životního prostředí. In: Krajinotvorné programy Příbram 4.-6. 11. 1997, Consult, Praha 1998
- [69] Kudrna, K.: Řešení teritoriální struktury zemědělsko-lesní soustavy v komplexních pozemkových úpravách jako klíčového faktoru vodního hospodářství v krajiněm prostoru. In: Inženýrské problémy vodního hospodářství v komplexních pozemkových úpravách. Centrum pro zemědělské soustavy, Neuměřice 1996
- [70] Kutílek, M.: Vodohospodářská pedologie. SNTL-ALFA, Praha-Bratislava 1978.
- [71] Bestandsaufnahme der ökologisch wertvollen Gebiete am Thein und erste Schritte auf dem Weg zum Biotopverbund, ISKR-CIPR, Koblenz 1998
- [72] Heteša, J., Keršner, V., Marvan, P., et Soukup, I.: Hydrobiologie počínání tůní dolního Podyjí v souvislosti s obnovou hydrologického režimu lužního lesa. In: Pithart, D. (ed.): Ekologie aluviálních tůní a říčních ramen., Botanický ústav AVČR, Třeboň 2000.
- [73] Vybíral, J., et Hrib, M.: Revitalizace v lužních lesích na LZ Židlochovice, LČR – LZ Židlochovice, Zlín 2002
- [74] Flašar, J.: Revitalizace potoka Borová. Správa CHKO Blanský les, Český Krumlov 2001
- [75] Csizi, Š.: Příručka protipovodňové ochrany, SVTL, Bratislava 1958
- [76] Jůva, K., et al.: Ochrana krajiny ČSSR, Academia-Veda, Praha-Bratislava 1981
- [77] Mottl, J.: Topoly a jejich uplatnění v zeleni. Aktuality Výzkumného ústavu okrasného zahradnictví v Průhoncích – řada sadovnictví a krajinářství, Pruhonice, 1989.
- [78] Míchal, I., et al.: Obnova ekologické stability lesů, Academia, Praha 1992



Hnutí DUHA

Friends of the Earth Czech Republic

A › Bratislavská 31, 602 00 Brno

T › 545 214 431

F › 545 214 429

E › info@hnutiduha.cz

www.hnutiduha.cz

Česká veřejnost chce žít ve zdravějším a čistějším prostředí. Hnutí DUHA proto navrhuje řešení ekologických problémů, jež přinesou konkrétní prospěch pro kvalitu života každého z nás. Úspěšně prosazuje účinná a realistická opatření, která omezí znečištění vzduchu a řek i produkci odpadů, umožní zachovat pestrou krajinu, snížit kontaminaci potravin a vody toxickými látkami či předejít globálním změnám klimatu. Naše práce zahrnuje jednání s úřady a politiky, přípravu zákonů, kontrolu průmyslových firem, rady zákazníkům a domácnostem, výzkum, vzdělávání, právní kroky i spolupráci s obcemi. Hnutí DUHA působí na celostátní, místní i mezinárodní úrovni. Je českým zástupcem Friends of the Earth International, největšího světového sdružení ekologických organizací.