

Doporučení pro kvantifikaci významnosti vlivu opatření přijatých v plánech pro zvládnání povodňových rizik na povodňová rizika po proudu vodního toku

Aktualizace – listopad 2018

Ladislav Satrapa a Pavel Fošumpaur (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

1. Úvod

V rámci procesu implementace Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES o vyhodnocení a zvládnání povodňových rizik byly v ČR vymezeny oblasti s významnými povodňovými riziky a pro tato území byly zpracovány mapy povodňového nebezpečí, mapy povodňových rizik a dne 21.12.2015 byly schváleny vládou ČR plány pro zvládnání povodňových rizik (usnesením č. 1082). Hlavním nástrojem k dosažení cílů uvedených v plánech pro zvládnání povodňových rizik jsou podle § 26 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (dále jen vodní zákon) programy opatření. Podle § 26, odst. (3) vodního zákona opatření přijatá v plánech pro zvládnání povodňových rizik nesmí svým rozsahem a dopadem významně zvyšovat povodňová rizika po proudu či proti proudu vodního toku.

Realizaci protipovodňových opatření (dále jen PPO) podél vodních toků také upravuje § 67 vodního zákona, který je řadí mezi vodní díla, jež mohou být realizována v aktivní zóně záplavových území za podmínky, že současně budou provedena taková opatření, že bude minimalizován vliv na povodňové průtoky.

Obecně lze vliv PPO podél vodních toků spatřovat ve dvou rovinách. Jednak jde o ovlivnění hladinového režimu při průchodu povodňových průtoků nad chráněnou lokalitou vlivem zpětného vzduť. Zde potenciálně hrozí situace, že realizace PPO může významně zvýšit povodňové riziko v zástavbě nad daným PPO (proti proudu). Tento vliv může být významný zejména na dolních tocích s malým sklonem dna a malé vzdálenosti výše ležících obcí. Kvantifikace tohoto vlivu PPO na území proti proudu nebo na území na opačném břehu (v případě ohrázování pouze jednoho břehu) je poměrně snadno řešitelná za využití stávajících výpočetních modelů v ustáleném režimu proudění a není obsahem tohoto materiálu.

Druhý vliv PPO podél vodních toků na odtokové poměry spočívá ve zmenšení objemu záplavového území v intravilánech chráněných měst a obcí. Tento objem dříve umožňoval určitou transformaci povodňových vln, ke které po realizaci PPO již nedochází a povodeň tak postupuje v nezměněné podobě a tedy s vyšší kulminací než by tomu odpovídalo před realizací PPO. Míra tohoto efektu samozřejmě záleží na poměru mezi objemem návrhové povodňové vlny a objemem vyjmutého záplavového území. Tedy při malé lokální ochraně intravilánu na dolním toku je dopad na níže ležící území často zanedbatelný. Objektívni kvantifikace tohoto vlivu PPO na území po proudu je obtížnější a předložený materiál v první části shrnuje možná řešení a doporučuje zjednodušený postup pro vyhodnocení jeho významnosti.

Toto doporučení se užije pro hodnocení vlivu navrhovaných PPO v rámci 2. plánovacího cyklu dle Povodňové směrnice. Při opakovaného využití pracovního postupu je nutné jako výchozí stav existujících PPO rok vydání tohoto pracovního postupu tj. rok 2018, a to z důvodu možného kumulativního vlivu většího počtu postupně navrhovaných PPO.

2. Možné přístupy pro hodnocení významnosti vlivu PPO na území po proudu

Při hodnocení vlivu se jedná zpravidla o PPO podél vodních toků, která omezují retenční schopnosti záplavových území (dále jen ZÚ). Typickým příkladem takových opatření jsou ochranné hráze a stabilní a mobilní stěny. Následující přehled uvádí výčet obecných možných přístupů.

a) Posouzení vlivu na ostatní členské státy EU

Podle ustanovení směrnice 2007/60/ES nesmějí v zájmu solidarity plány pro zvládnutí povodňových rizik zavedené v jednom členském státě zahrnovat opatření, která svým rozsahem a dopadem významně zvyšují povodňová rizika po proudu nebo proti proudu vodních toků v jiných zemích nacházejících se ve stejném povodí nebo dílčím povodí, pokud tato opatření nebyla koordinována a dotyčné členské státy se nedohodly na společném řešení.

Pro doložení vlivu opatření po proudu na ostatní členské státy se nabízí využití evidence snižování retenční schopnosti záplavových území vlivem změn v území, zejména realizací staveb na ochranu před povodněmi a realizovaných nebo navržených kompenzačních opatření eliminujících jejich případný negativní vliv. Tuto evidenci vedou správci povodí dle ustanovení § 54, odst. (6) vodního zákona. Při její vyrovnané bilanci lze očekávat, že vliv na ostatní členské státy po proudu vodního toku nebude žádný. Bilanci doporučujeme realizovat za příslušné oblasti dílčích povodí jako celek.

+ klady: postup je velmi jednoduchý, nevyžaduje v podstatě žádné další analýzy, neboť evidenci správci povodí již v současnosti vedou.

- zápory: postup nelze použít pro posouzení vlivu na nejbližší níže ležící obce, ale ke vzdálenému bilančnímu profilu (např. státní hranici, kde vodní tok opouští ČR nebo jiné profily).

b) Vyhodnocení vlivu pomocí modelu proudění

Tento postup vyžaduje sestavení a simulaci různých povodňových událostí v matematickém modelu neustáleného proudění. Pro posouzení vlivu daného opatření je třeba realizovat výpočet pro stávající stav před realizací daného PPO (popř. souboru PPO) a pro stav po jeho realizaci. Výstupem jsou hydrogramy povodňových vln s danou dobou opakování v území pod daným opatřením, ze kterých lze usuzovat na míru zvýšení povodňových rizik. Pro hodnocení lze využít připravenou metodiku VUV T.G.M., v.v.i. (2011) určenou primárně pro výpočet N-letých průtoků ovlivněných protipovodňovými opatřeními.

+ klady: postup je velmi objektivní, zejména při hodnocení dopadů na nejbližší níže ležící obce a systémy opatření.

- zápory: velmi vysoká časová a finanční náročnost, je třeba sestavovat a kalibrovat nové modely v neustáleném režimu.

c) Zjednodušený postup relace mezi objemem povodně a vyjmutého objemu ZÚ

Uvedený postup zavádí hodnocení významnosti vlivu PPO na území po proudu vodního toku na základě relace mezi objemem povodňových vln nad neškodným odtokem a objemem vyjmutého záplavového území při daném průtoku vlivem realizace PPO podél vodního toku. Uvedený postup je podrobněji popsán v následující kapitole.

+ klady: poměrně snadno proveditelný s řádově menšími nároky na čas a finance. Jednoduchost s logickou vazbou na genezi povodňových událostí a jejich transformaci v záplavových územích. Využitelnost pro dílčí opatření a pro jejich soubory. Možnost plošného nasazení.

- zápory: významnost vlivu je analyzována po úsecích, v jejichž průběhu se zanedbává kontinuální boční přítok do úseku řešeného toku

3. Zjednodušený postup relace mezi objemem povodně a vyjmutým objemem ZÚ

Hlavní zásadou řešení problematiky povodňové prevence je navrhovat taková protipovodňová opatření, která nebudou snižovat objem rozlivných území podél vodních toků. V nevyhnutelných ostatních případech je nutné hledat vhodnou kompenzaci vyblokováných rozlivů nebo současně navrhnout PPO s retencí.

Následující postup umožňuje pomocí základních parametrů návrhové povodňové vlny, charakteristických objemových parametrů opatření PPO a objemů rozlivů v inundacích kvantitativně vyhodnotit v širších souvislostech změny odtokových poměrů po proudu vodního toku vyvolané vyjmutým objemem souvisejícím s výstavbou PPO.

Na rozdíl od zjednodušeného postupu může být pro posouzení některých lokalit potřebné aplikovat kombinaci hydrologického a hydrodynamického modelování, a to v případech, kdy zkušenosti správce vodního toku dokládají zásadní vliv změn objemové a časové interakce hlavního toku a bočních přítoků na průběh odtoku z povodí, a tím zásadní významnost přítoku. Z pohledu zjednodušeného postupu lze za významný přítok považovat takový přítok do posuzované oblasti, který započtením objemu povodňové vlny a objemu inundačního území přítoku ovlivní hranice rozhodování v procesu posouzení (viz dále A/, krok 2, A2-I až A2-IV; B/, krok 2, B2-I a B2-II).

Posouzení:

A/ Posouzení osamocených PPO nebo souboru lokalit PPO podél vodního toku

Krok 1/ Zpracování dat

A1-I/ - Stanovení objemu vyblokováného z rozlivu posuzovaným protipovodňových opatření

A1-II/ - Stanovení objemu návrhové povodňové vlny nad hodnotou původního neškodného průtoku v profilu příslušného PPO

A1-III/ - Stanovení objemu inundačního území příslušného návrhového průtoku v oblasti mezi posuzovaným PPO a následujícím PPO

Krok 2/ Posouzení

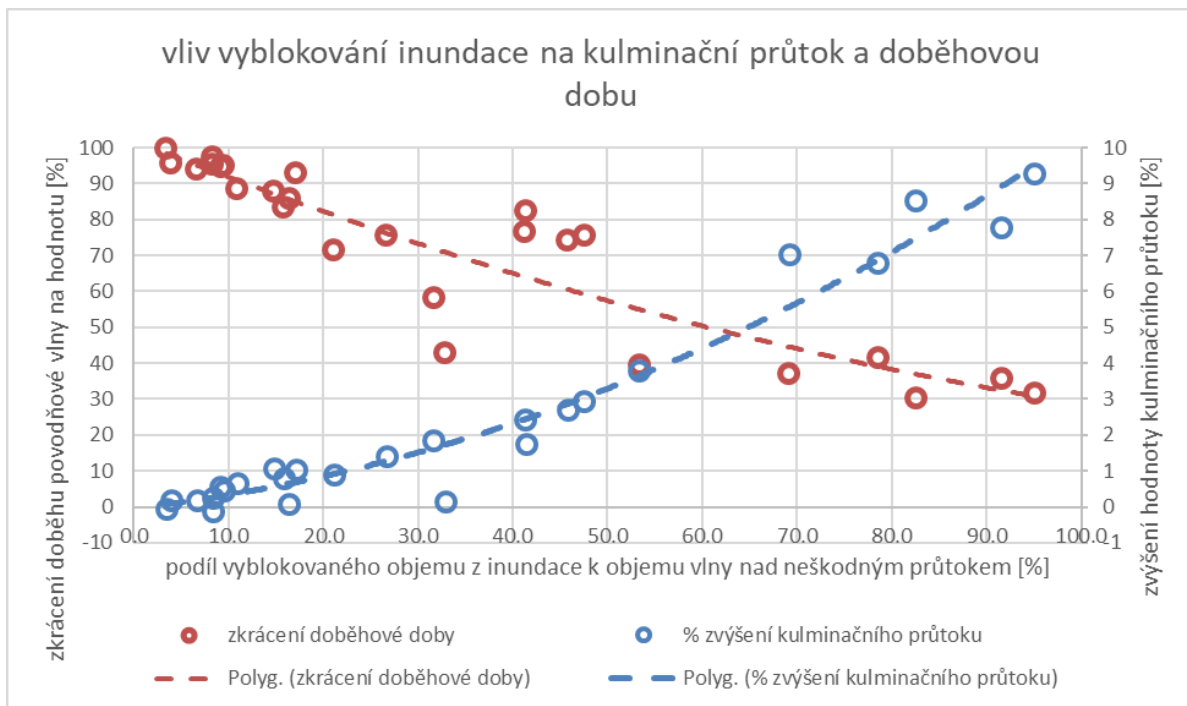
A2-I/ - Pokud je objem vyblokován opatřením PPO z rozlivu menší než 10% objemu návrhové povodně nad neškodným průtokem a objem navazujícího neovlivněného inundačního území je alespoň pětinásobkem objemu návrhové povodně nad neškodným průtokem, pak se vliv PPO na odtokové poměry zanedbá; současně je nutné kvantifikovat a posoudit vliv PPO na změnu hladiny nad navrženým PPO (zvýšení hladiny) a na doběhové doby (zkrácení doběhové doby dle grafu 1).

A2-II/ - Pokud je objem vyblokován opatřením PPO z rozlivu menší než 10% objemu návrhové povodně nad neškodným průtokem a objem navazujícího neovlivněného inundačního území není alespoň pětinásobkem objemu návrhové povodně nad neškodným průtokem, pak je nutné posoudit vliv zvýšení hodnoty kulminačního průtoku na odtokové poměry. Zvýšení hodnoty kulminačního průtoku se uvažuje ve výši 1% (pro případ, kdy podle odborného odhadu posuzovatele má inundace charakter spíše aktivní zóny) až 2 % (pro případ, kdy podle odborného odhadu posuzovatele má inundace charakter spíše neprůtočné retence). V tomto případě (A2-II) série navazujících PPO za sebou s menším objemem neovlivněného rozlivu se postupuje od horního PPO po proudu a kontrola proporce mezi objemem návrhové povodňové vlny a vyblokováním záplavovým územím se provádí načítáním.

Současně je nutné kvantifikovat a posoudit vliv PPO na změnu hladiny nad navrženým PPO (zvýšení hladiny) a na doběhové doby (zkrácení doběhové doby dle grafu 1)

A2-III/ - Pokud je objem vyblokován opatřením PPO z rozlivu v intervalu od 10% do 20% objemu návrhové povodně nad neškodným průtokem, je nutné zvýšit hodnoty kulminačního průtoku o 2% (pro případ inundace charakteru spíše aktivní zóny) až 4 % (pro případ inundace charakteru spíše neprůtočné retence). Opět se v tomto případě postupuje od horního PPO po proudu a kontrola proporce mezi objemem návrhové povodňové vlny a vyblokováním záplavovým územím se provádí načítáním. Současně je nutné kvantifikovat a posoudit vliv PPO na změnu hladiny nad navrženým PPO (zvýšení hladiny) a na doběhové doby (zkrácení doběhové doby dle grafu 1).

A2-IV/ - Pokud je objem vyblokován opatřením PPO z rozlivu větší než 20% objemu návrhové povodně nad neškodným průtokem, je nutné řešit problematiku odtokových poměrů hydrodynamickým modelem řešené lokality a souvisejícího a navazujícího území.



Graf 1 – vliv vyblokování inundace na kulminační průtok a doběhovou dobu kulminace

B/ Posouzení účinků retenčních prostor nádrží

Krok 1/ Zpracování dat

B1-I/ - Zhodnocení transformačního efektu malé vodní nádrže buď výpočtem transformace v nádrži, nebo podle ukazatele UR (stanovení dle Přílohy 1). V případě hodnocení podle ukazatele UR se pod hodnotou UR = 0.5 transformační efekt malé vodní nádrže zanedbá.

B1-II/ - U přehrad se stanoví transformovaný odtokový hydrogram návrhové povodně pro posuzování koryt a údolních niv pod nimi ve vztahu k zástavbě. Postup se připraví tradičním výpočtem transformace povodňové vlny v nádrži s uvážením manipulací daných manipulačním řádem. Zjednodušený postup uvedený výše pro malé vodní nádrže se nedoporučuje.

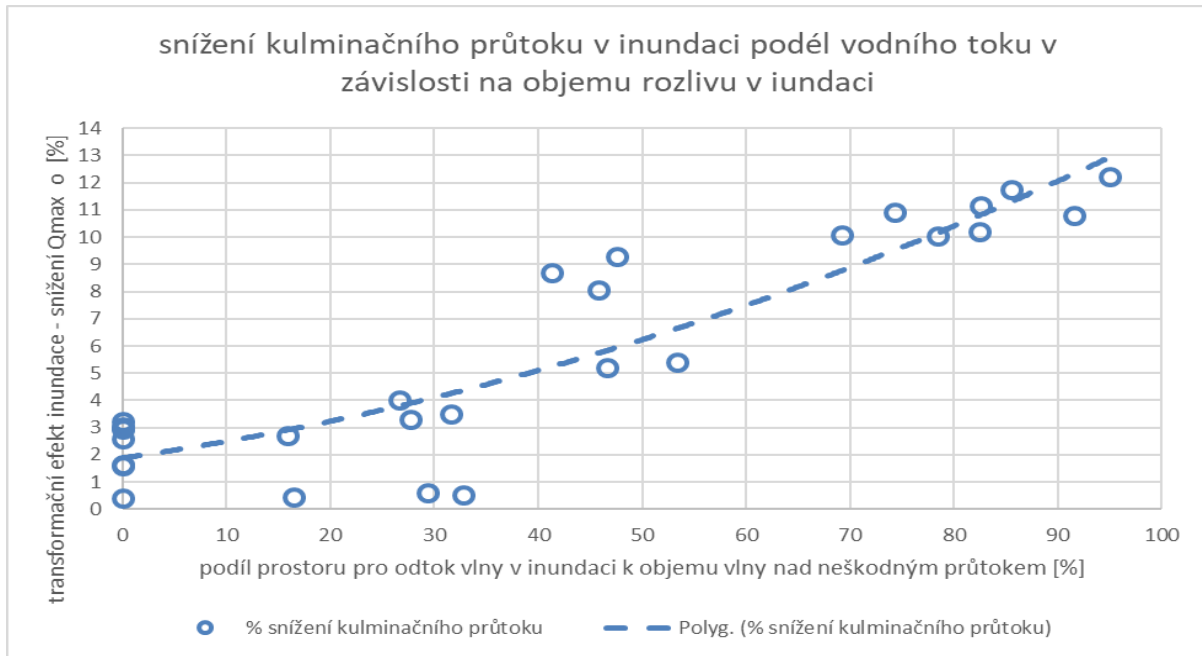
Krok 2/ Posouzení

B2-I/ - Hodnocení pro území pod vodním dílem s ovlivněnými průtoky se provádí podle bodů A1-I až A1-III a A2-I až A2-IV/ zcela analogicky jako v případě neovlivněných průtoků.

B2-II/ - Vliv retenčního účinku nádrže se v závislosti na velikosti jejího retenčního objemu a proporce mezi ovladatelným a neovladatelným objemem po proudu vodního toku postupně snižuje. Důvodem je zvyšující se přítok z mezipodolí mezi profilem hráze a posuzovaným profilem. Sledování vlivu transformace v nádrži na odtokové poměry pod vodním dílem je racionální provádět nejdále do profilu, od kterého bude efekt transformace (hodnota snížení kulminačního průtoku) představovat méně než 1% hodnoty kulminačního průtoku návrhové povodně příslušného profilu. Pro odhad lokalizace tohoto profilu je nutné zformulovat

hydrologickou úvahu, která zhodnotí parametry odtoku z nádrže, transformační efekt inundačního území a parametry bočních přítoků po proudu vodního toku.

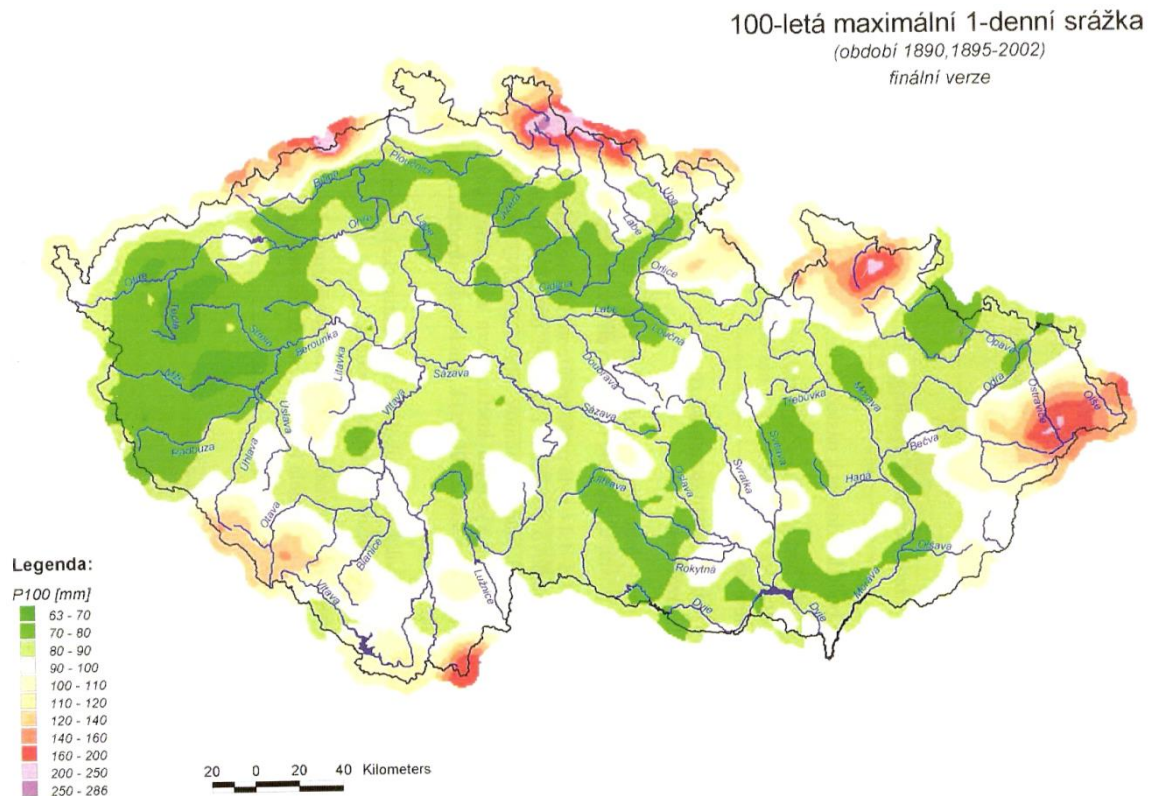
Pro kvantitativní odhad výše transformace povodně rozlivem v inundaci pod vodním dílem lze pro případ neovlivnění toku bočními přítoky použít graf 2.



Graf 2 – transformační efekt inundace

Příloha č. 1 – Stanovení ukazatele UR

Výchozím hydrologickým podkladem pro posouzení retenčního účinku je maximální denní srážková výška na povodí s dobou opakování 100 let. Hodnoty 100-leté srážkové výšky jsou pro území ČR dostatečně spolehlivě zpracovány např. v Truplových tabulkách. V následujícím obr. 1 jsou hodnoty 100-letých srážkových úhrnů pro území ČR podle ČHMÚ.



Obr. 1 Hodnoty 100-letých denních srážkových úhrnů podle ČHMÚ.

Hodnota 100-leté srážkové výšky se následně redukuje součinitelem plošné redukce podle vztahu:

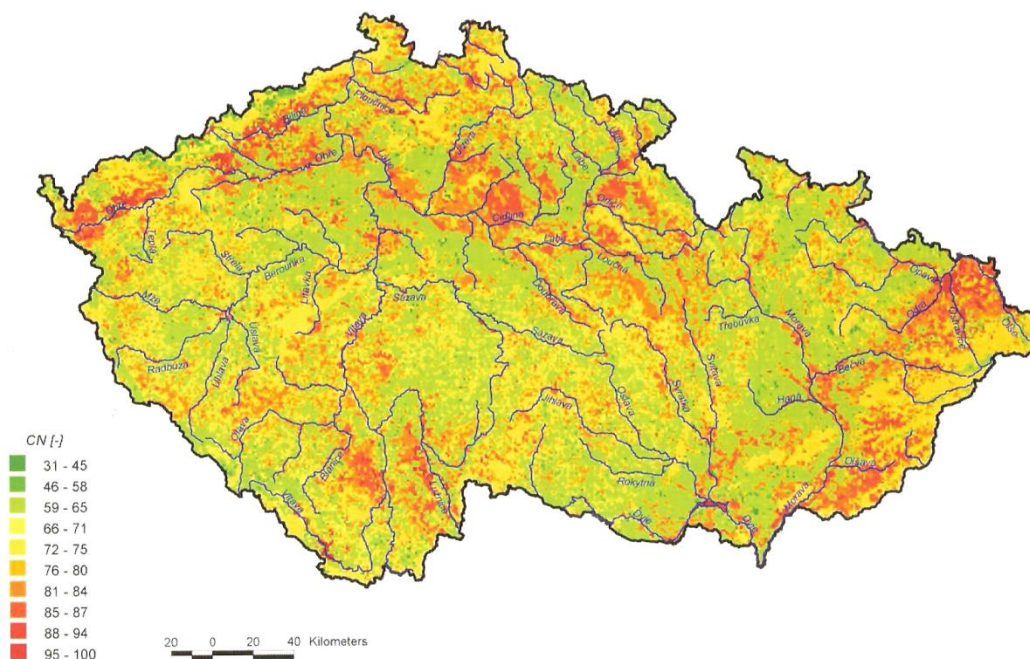
$$H_{r,24} = k \cdot H_{24} \quad [\text{mm}],$$

kde $H_{r,24}$ je plošně redukováná hodnota 100-leté srážkové výšky [mm],
 k je součinitel plošné redukce závislý na ploše povodí podle Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR (ÚFA AV ČR), viz tab. 1,
 H_{24} je 100-letá srážková výška na daném povodí (obr. 1) [mm].

Tab.1 Redukční součinitel plošné srážky pro 1-denní srážku (ÚFA AV ČR).

Plocha povodí [km ²]	Redukční součinitel k [-]
1	1,000
5	1,000
10	0,999
20	0,992
50	0,969
100	0,941
200	0,906
500	0,850
1000	0,802
2000	0,749
5000	0,676
10000	0,618

V následujícím kroku bude vypočítána hodnota přímého odtoku (efektivní srážka). Pro její určení bude využita metoda čísla odtokových křivek (Curve Number Method, dále metoda CN-křivek), vyvinutá americkou Službou ochrany půdy (U.S. Soil Conservation Service). Hodnota CN vychází z druhu půdního pokryvu a hydrologické skupiny půdy a bude určena jednotným postupem podle oficiálních statistik. Na obr. 2 je znázorněna rastrová mapa zatřídění CN-křivek pro území ČR dle ČHMÚ.



Obr. 2 Hodnoty čísel odtokových křivek CN pro území ČR (ČHMÚ).

Výpočet přímého odtoku bude proveden pomocí vztahu:

$$H_{ef} = \frac{(H_{r,24} - 0,2S)^2}{H_{r,24} + 0,8S} \quad [\text{mm}],$$

kde S je potenciální retence (ztráta), pro kterou platí:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad [\text{mm}].$$

Objem přímého odtoku se potom určí jako:

$$W = 1000 \cdot A \cdot H_{ef} \quad [\text{m}^3],$$

kde A je plocha povodí [km^2].

Pro objektivní posouzení ochranného účinku nádrže bude použit ukazatel účinnosti retence podle vztahu:

$$UR = \frac{V_r^{neovl}}{W - V_r^{ovl}} \quad [-],$$

kde V_r^{ovl} [m^3] je ovladatelný retenční objem nádrže,

V_r^{neovl} [m^3] je neovladatelný retenční objem nádrže,

W je objem přímého odtoku pro 100-letou srážkovou událost [m^3].

Literatura

Směrnice evropského parlamentu a rady 2007/60/ES ze dne 23. října 2007 o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů.

Fošumpaur, P., Satrapa, L., Horský, M.: Hodnocení efektivity protipovodňových opatření s retencí. Sborník příspěvků ze Semináře Adolfa Patery 2014. ČVTVHS, Praha 2014, pp. 63-68.

Kašpárek, L., Hanel, M.: Metodika výpočtu N-letých průtoků ovlivněných protipovodňovými opatřeními. VÚV, T.G.M., v.v.i., 2011.