

## ČÁST 4 VYHODNOCENÍ

### D.3 Analýza odtokových poměrů, vodohospodářské řešení MVN a analýza meliorací D.3.1 Technická zpráva

#### O B S A H:

1	ÚVOD.....	4
2	ANALÝZA DRENÁŽNÍCH (MELIORAČNÍCH) SOUSTAV .....	4
2.1	Výchozí podmínky .....	4
2.1.1	Analýza odtokových poměrů .....	4
2.1.2	Erozní ohrožení .....	5
2.1.3	Morfologie.....	6
2.1.4	Podzemní vody .....	6
2.1.5	Geologické a pedologické poměry.....	7
2.1.6	Plošné odvodnění a zhodnocení jeho funkcí.....	8
2.1.6.1	Výchozí stav.....	8
2.1.7	Ovlivnění kvality vod .....	13
2.1.8	Celkové hodnocení .....	14
2.1.8.1	Povrchový odtok.....	14
2.1.8.2	Hypodermický odtok.....	14
2.1.8.3	Celkový odtok .....	14
2.1.9	Návrh opatření.....	15
2.1.9.1	Plošná opatření .....	15
2.1.9.2	Lokální úpravy.....	16
3	ANALÝZA PŘEPOČTU HODNOT PŘÍMÉHO ODTOKU Z POVODÍ BEZ PŘEHRÁŽEK A S PŘEHRÁŽKAMI.....	20
3.1	Postup vyhodnocení .....	20
3.1.1	Vzorové území:.....	20
3.1.2	Postup výpočtu: .....	21
3.2	Závěr:.....	24
4	ANALÝZA PLOŠNÝCH OPATŘENÍ .....	25
4.1	Posouzení vlivu návrhových opatření v zájmovém území na odtokové poměry.....	25
4.1.1	Postup vyhodnocení .....	25
4.1.2	Postup výpočtu: .....	27
4.2	Závěr.....	30
5	VYHODNOCENÍ MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ.....	31
5.1	Nádrže s celkovým objemem větší než 5000 m <sup>3</sup> .....	31
5.1.1	DR-MVN-05 - návrh objektu výpustných zařízení .....	31
5.1.1.1	Návrh parametrů výpustných zařízení:.....	32

5.1.1.2	Varianta 1 – sdružený objekt (spodní výpust + bezpečnostní přeliv).....	32
5.1.1.3	Varianta 2 – sdružený objekt + nouzový přeliv .....	34
5.1.2	DR-MVN-09 - návrh objektu výpustných zařízení .....	36
5.1.2.1	Návrh parametrů bezpečnostního přelivu (BP) resp. sdruženého objektu:.....	36
5.1.2.2	Varianta 1 – minimalizace bezpečnostního objektu.....	37
5.1.2.3	Varianta 2 - maximalizace zásobního objemu nádrže .....	39
5.1.3	DR-MVN-13 - návrh objektu výpustných zařízení .....	42
5.1.3.1	Návrh parametrů bezpečnostního přelivu (BP) resp. sdruženého objektu:.....	42
5.1.3.2	Varianta 1 - minimalizace rozměrů bezpečnostního přelivu.....	43
5.1.3.3	Varianta 2 - maximalizace objemu nádrže .....	45
5.2	Nádrže s celkovým objemem menším než 5000 m <sup>3</sup> .....	49
5.2.1	Návrh rozměrů objektů výpustných zařízení v závislosti na využití celkového objemu průtočných nádrží .....	49
5.2.1.1	Postup návrhu:.....	49
6	SEZNAM TABULEK.....	51
7	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	51
8	SEZNAM GRAFŮ .....	52

## 1 ÚVOD

V rámci dílčí Části 4 bylo provedeno vyhodnocení odtokových poměrů vlivem navrhovaných opatření včetně provedení základních hydrotechnických výpočtů pro navrhované nádrže.

Na žádost investora, bylo dále provedeno zhodnocení stávajících melioračních soustav v zájmovém území.

Závěry a výstupy jsou shrnuty níže v textu.

## 2 ANALÝZA DRENÁŽNÍCH (MELIORAČNÍCH) SOUSTAV

V rámci Analytické části (dílčí část 1 studie) bylo zjištěno z jednotlivých ÚPD, že se na převážné většině zemědělských pozemků lemujičích dotčené obce nacházejí meliorace a meliorační zařízení. Tyto stavby zemědělského odvodnění byly v minulosti budovány za účelem podpory a rozvoje zemědělství. Odvodnění ovlivňuje režim mělkého podpovrchového, povrchového i podzemního odtoku, vodní bilanci satureované i nesatureované zóny.

Nově vzniklé požadavky na využití krajiny i zájmy ochrany přírody v řadě případů mění původní požadavky a vyžadují komplexní přehodnocení stavu. Vzhledem k historickému vývoji jsou k dispozici převážně pouze původní data vycházející z digitalizace podkladů bývalé ZVHS.

Analýza současného stavu byla provedena souhrnně pro ČR a pro vybraná pilotní povodí. Okres Zlín patří s 10% podílu evidovaného zemědělského odvodnění k okresům s nižším až průměrným zastoupením plochy meliorací. V zájmovém území takto plocha představuje cca 11 %.

Naprostá většina melioračních staveb v zájmovém území byla zřízena v 60. až 80. letech minulého století. Stavby odvodnění byly budovány etapovitě v souladu s tehdejšími metodickými a normativními podklady. Se změnou společenských a hlavně vlastnických poměrů poklesla úroveň údržby těchto staveb. Přesto lze předpokládat, že drenážní systémy více či méně plní odvodňovací funkci i přes výskyt lokálních závad. Předpokládaný trend samovolného vyřazování z funkce se podle dostupných údajů zatím nepotvrdil.

Při diagnostice současného stavu odvodňovacích staveb je nutno hodnotit:

- využití území, hospodářské podmínky a vlastnické vztahy;
- přírodní podmínky (morfologii, vodní režim, vlastnosti půd);
- stav technických zařízení (zejména jejich hydraulické parametry).

Původní projektové dokumentace jsou v řadě případů nedohledatelné, případně nepoužitelné, s ohledem na původní reprodukční možnosti a trvanlivost nebo čitelnost dokumentů (kopií), případně z důvodů několikanásobného převádění vlastnictví dokumentací.

### 2.1 Výchozí podmínky

#### 2.1.1 Analýza odtokových poměrů

Pro stanovení srážkoodtokových poměrů v zájmovém území byl použit událostní modelovací systém HEC-HMS zahrnující metodu CN křivek, která vychází z předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen. Maximální průtoky  $Q_N$  jsou ovlivňovány příčinnými srážkami a charakteristikami povodí, které zahrnují mimo jiné geologické a půdní poměry, způsob využívání pozemků, vegetační kryt i agrotechnické zásahy.

Potenciální retence v jednotlivých dílčích povodích zájmového území se pohybují mezi 45,9 mm a 73,7 mm s mediánem 65,9 mm.

Kulminační průtoky na hlavních přítocích Vlárky v zájmovém území byly srážkoodtokovým modelem stanoveny hodnotami uvedenými v následujícím tabelárním přehledu:

Tab. 1: Základní údaje o kulminačních průtocích na hlavních tocích

Tok	Číslo hydrol. pořadí	Q <sub>20</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Vysokopolský potok	4-21-08-047	13,13	22,23
Tichovský potok	4-21-08-049	9,43	15,82
Benčice	4-21-08-051	13,64	22,73
Sviborka	4-21-08-053	13,83	22,97
Smolinka	4-21-08-056	14,89	24,66

## 2.1.2 Erozní ohrožení

Řešené území je podhorská a horská oblast s převahou lesních porostů a trvalých travních porostů (luk a pastvin). Z celkového počtu 875 evidovaných bloků LPIS tvoří 643 bloků (73,5 % bloků, resp. 78 % výměry v LPIS evidované zemědělské půdy) trvalé travní porosty, u kterých je erozní ohrožení relativně nízké. Na celém řešeném území je 99 pozemků s ornou půdou s mediánem výměry 1,35 ha. Na malých pozemcích většinou nedochází k extrémním erozním smyvlům a erozní ohrožení se proto týká jen několika větších bloků, u některých je však značně vysoké.

Podle [01] není v procesu stanovení erozní ohroženosti (ve výpočtových nástrojích) faktor odvodnění začleněn. Uvádí se, že vhodně navržené a funkční drenážní odvodnění může zvětšovat retenční prostor pro vodu vstupující do půdního profilu a tím snižovat potenciál povrchového odtoku. V případě poruchy některé části (částí) drenážního systému může naopak docházet k bodovým vývěrům a vzniku erozního ohrožení.

Z uvedeného vyplývá, že erozní ohrožení na odvodněných plochách nelze generalizovat a je nutné jej stanovit individuálně v závislosti na příslušných parametrech plochy.

Předběžně lze konstatovat, že nejvyšší identifikované erozní ohrožení na orné půdě v zájmovém území leží mimo evidované odvodněné plochy a není proto melioračními zásahy ovlivněno.



Obr. 1: Odvodněná území (vlevo) a erozní ohrožení orných půd v zájmovém území (výřez s maximálním identifikovaným erozním ohrožením v území)

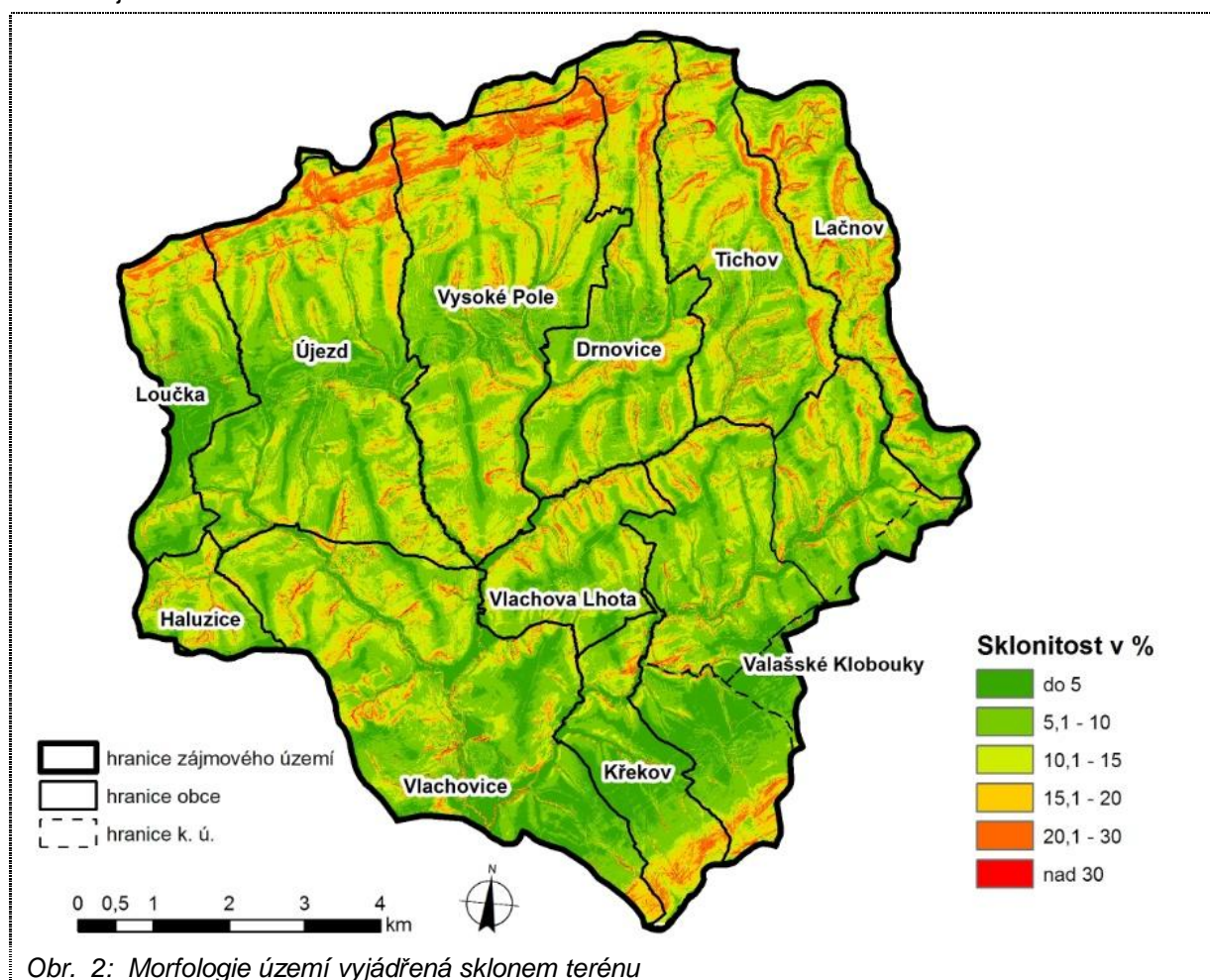
Z hlediska ohrožení zemědělským suchem ve vegetačním období patří zájmové území (na základě vyhodnocení dlouhodobého průměru 1961 - 2000) k oblastem s nízkým až velmi nízkým rizikem.



### 2.1.3 Morfologie

Většina zájmového území náleží geomorfologickému podcelku Luhačovická vrchovina, severní a jižní okraje leží v Komonecké a Chmelovské hornatině.

Téměř polovinu zájmového území představují plochy se sklonem nad 10%, plochy o sklonu 5 až 10% zabírají více než třetinu území.



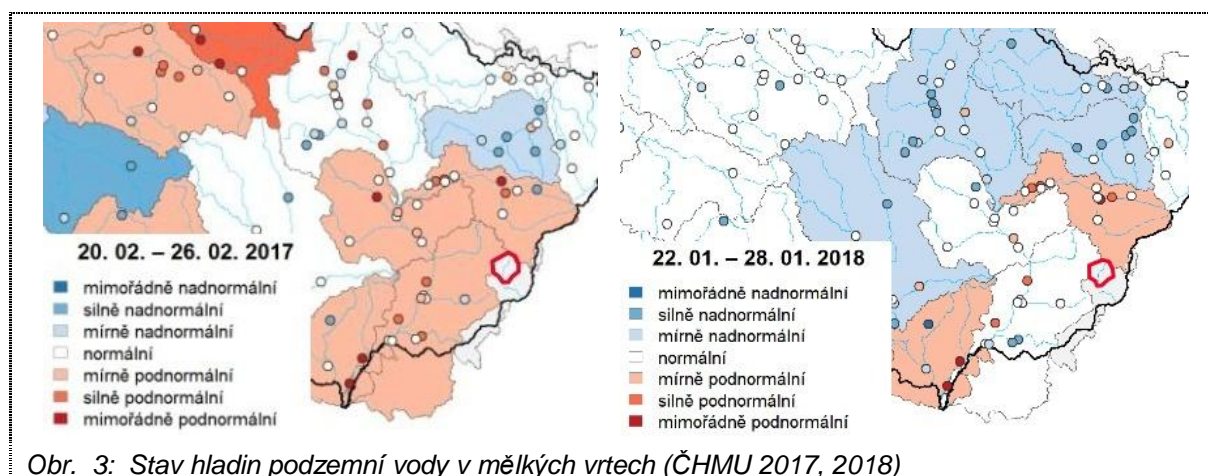
Obr. 2: Morfologie území vyjádřená sklonem terénu

### 2.1.4 Podzemní vody

Hydrogeologické poměry jsou uvedeny v kap. 1.6 (A.2.1 Technická zpráva, Analytická část). Dlouhodobý střední specifický odtok je udáván hodnotou 2 - 3 l/s/km<sup>2</sup>. Zájmové území představuje pramennou oblast několika vodotečí a zásoby podzemní vody jsou obecně velmi omezené, menší kolektory jsou zastoupeny v širších údolních depresích a představují je polohy nesoudržných kvartérních sedimentů.

Vzhledem k malým mocnostem (do cca 2 m) a relativně dobré propustnosti krycích hlín jsou pro infiltraci srážek v území vhodné podmínky, horniny předkvartérního podloží však představují ve většině případů hydraulický izolátor (vzhledem k zastoupení jílovců s souvrství).

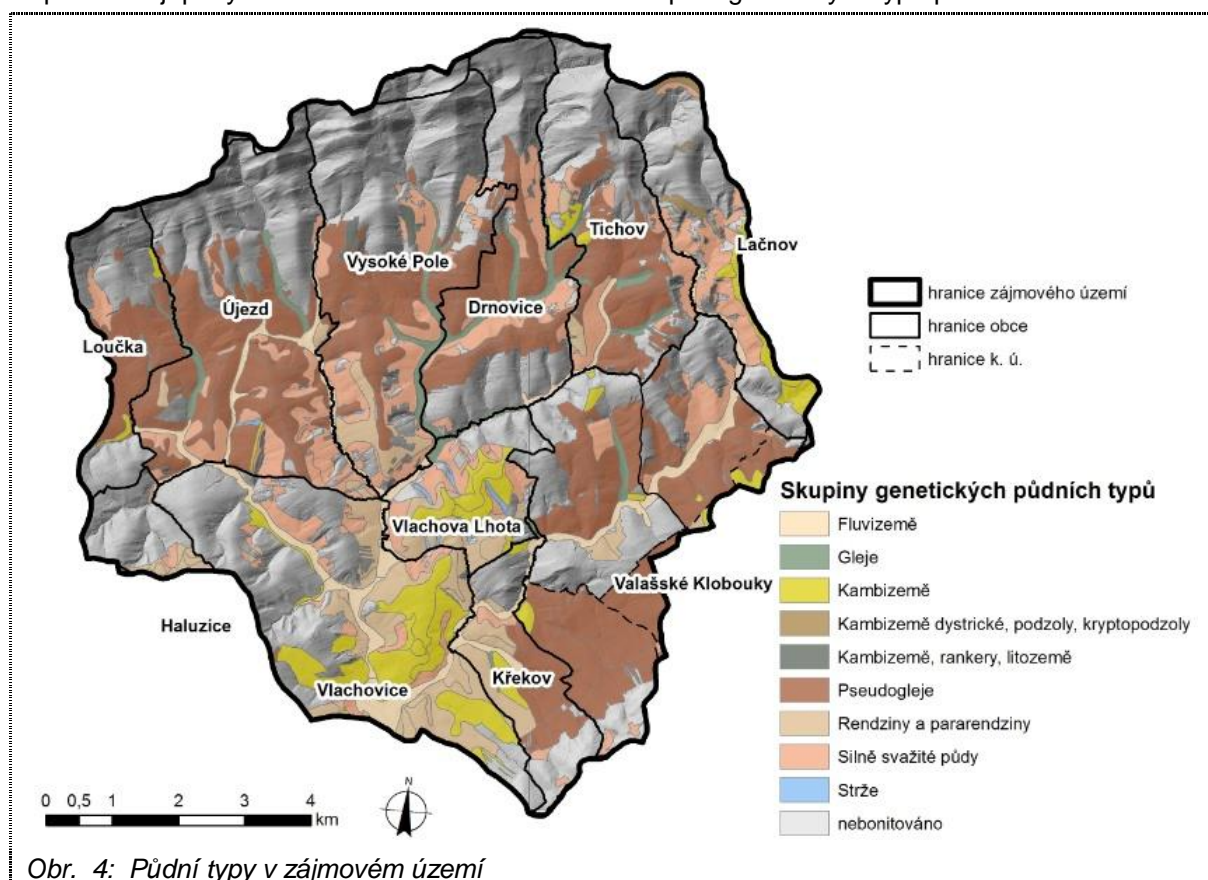
V zájmovém území není situován žádný pozorovací vrt začleněný do systematického sledování. Podle údajů ČHMU se minimální hladiny vyskytují s přibližně desetiletou periodou, s minulými výskyty v letech 1974, 1984, 1993, 2003 a 2015 (na obr. 3 ukázka v kontextu regionální pozice území).



Obr. 3: Stav hladin podzemní vody v mělkých vrtech (ČHMU 2017, 2018)

## 2.1.5 Geologické a pedologické poměry

Geologické poměry jsou podrobně popsány v kap. 1.5 (A.2.1 Technická zpráva, Analytická část). Z hlediska meliorací je významným parametrem charakter eluvia a hloubka půdního profilu (kvartérních sedimentů na něm vyvinutých). S výjimkou sesuvných území platí, že hloubka půdního profilu díky dlouhodobému procesu vzniku a soliflukci klesá s rostoucím sklonem terénu. Nejhlubší půdy jsou proto situovány především na mírnějších sklonech svahů, na jejich patách a podél dolních úseků významnějších toků v území (Vlára, Sviborka). Rozhodující část meliorovaných ploch představují půdy středně hluboké až hluboké. Zastoupení genetických typů půd viz obr. 4.



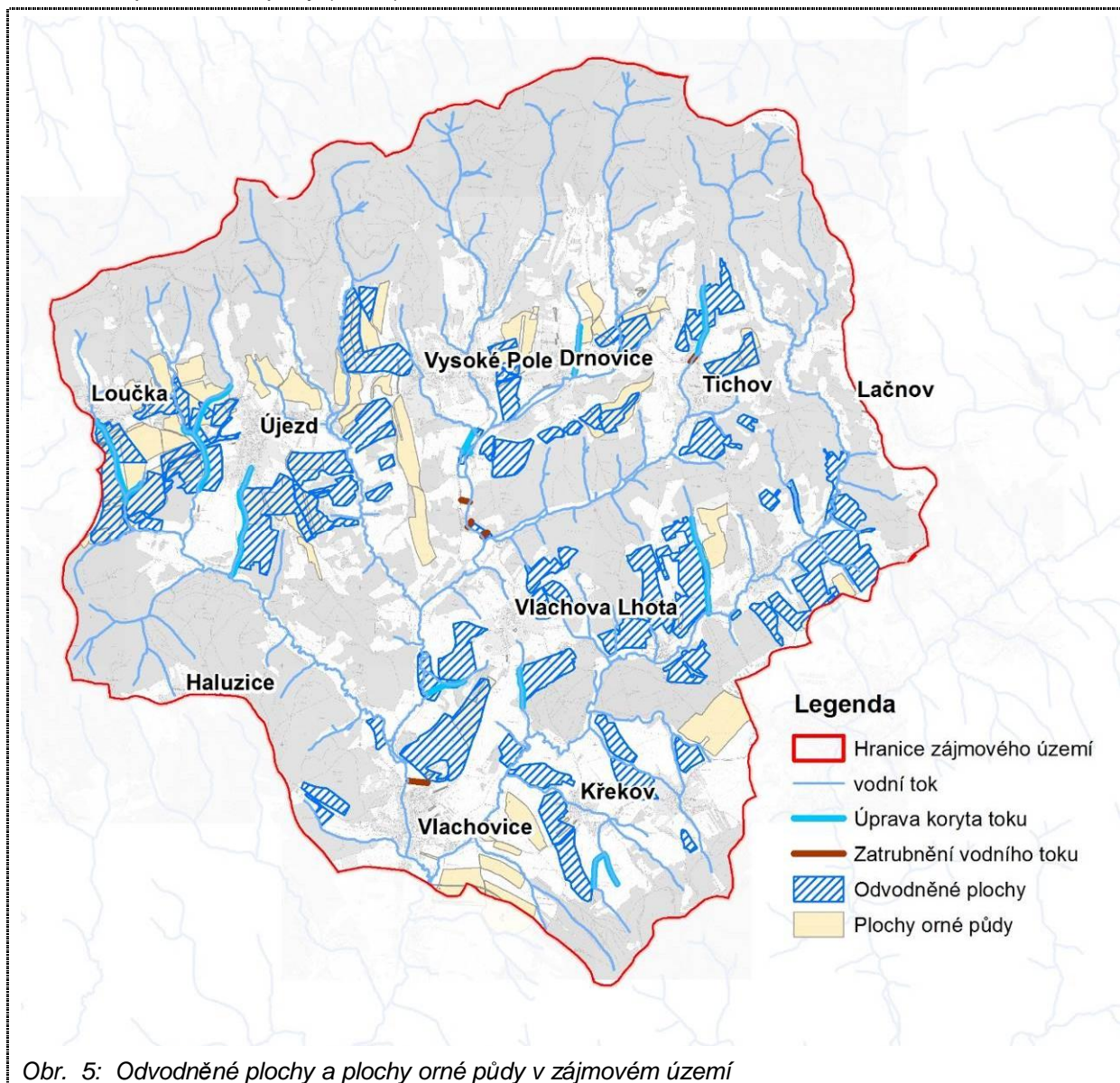
Obr. 4: Půdní typy v zájmovém území



## 2.1.6 Plošné odvodnění a zhodnocení jeho funkcí

### 2.1.6.1 Výchozí stav

Pouze menší část ploch, které jsou evidovány jako odvodněné území, se kryje s plochami aktuálně evidovanými jako orná půda. Většina odvodněných ploch v zájmovém území je v současné době využívána jako pastviny, velmi malá část je porostlá vzrostlou vegetací nebo zalesněna, výjimečně i zastavěna (viz obr. 5). Celková plocha meliorací (969,9 ha) představuje 11,33% plochy zájmového území, plocha orné půdy (664,9) zabírá 7,76%.



Obr. 5: Odvodněné plochy a plochy orné půdy v zájmovém území

Kromě ploch odvodnění je v digitalizované verzi (a v ručně kreslených podkladech) v zájmovém území evidována také řada hlavních melioračních zařízení otevřených, v daném případě převážně technicky upravené části drobných vodotečí (někdy i bez vazby na odvodněné plochy) případně napřímené svodnice občasných toků.

S využitím ortorektifikovaných leteckých snímků v přirozených barvách i veřejně dostupných leteckých snímků z let 2003, 2006, 2012 a 2015 byly ověřovány plochy odvodnění v zájmovém území s cílem lokalizace projevů odvodňovacích prvků. Základním předpokladem metody je diferenciací půdních vlastností rostlého terénu a drenážních rýh, které si zachovávají po dlouhou dobu specifické vlastnosti odlišné od okolí (hydrochemické, fyzikální i biologické). Uvedené rozdíly se mohou projevovat na vegetačním pokryvu (barva, hustota, výška porostu) běžně po dobu 20 - 40 let.

V daném případě se absolutní většinu melioračních zařízení nepodařilo na aktuálních snímcích identifikovat jinak, než přítomností šachet na povrchu. Souvisí to jednoznačně se stářím jednotlivých odvodnění. Výjimku představují ojedinělé případy (jednotlivé sběrné drény na malých částech některých ploch) identifikované na snímcích pořízených ve vhodných vegetačních podmínkách (obr. 10 a 11).

V některých případech nebylo možné identifikovat ani otevřená HMZ (např. obr. 6).



Obr. 6: Plošná odvodnění (červeně označené plochy) a HMZ (žlutě zvýrazněné linie) na původních podkladech (vlevo) a současný stav území (vpravo). Naprostá většina plošných i některá otevřená HMZ nejsou v terénu patrná (s výjimkou výustí). Plošná odvodnění jsou datována 1966, 1977 a 1979, dnes neexistující svodnice z roku 1966 je naposledy patrná na snímcích z roku 2006, svodnice vpravo byla upravena v roce 1979.



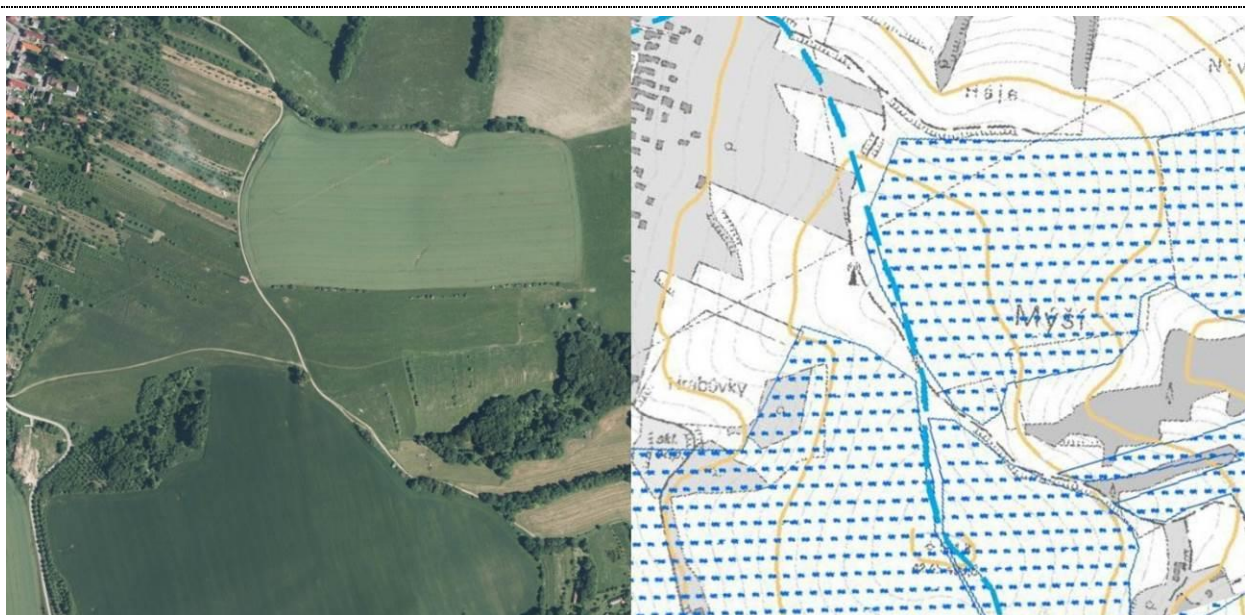


Obr. 7: Detail k obr. 6 - zaniklá svodnice. V horní části snímku funkční svodnice (bezejmenný levostranný přítok Vláry pod Benčicí), na povrchu plochého terénu jsou patrné splachy ze svahu (signalizují optimální průběh svodnice) zvýrazněné v důsledku příliš intenzivní pastvy. Vlevo horní tok Vláry.

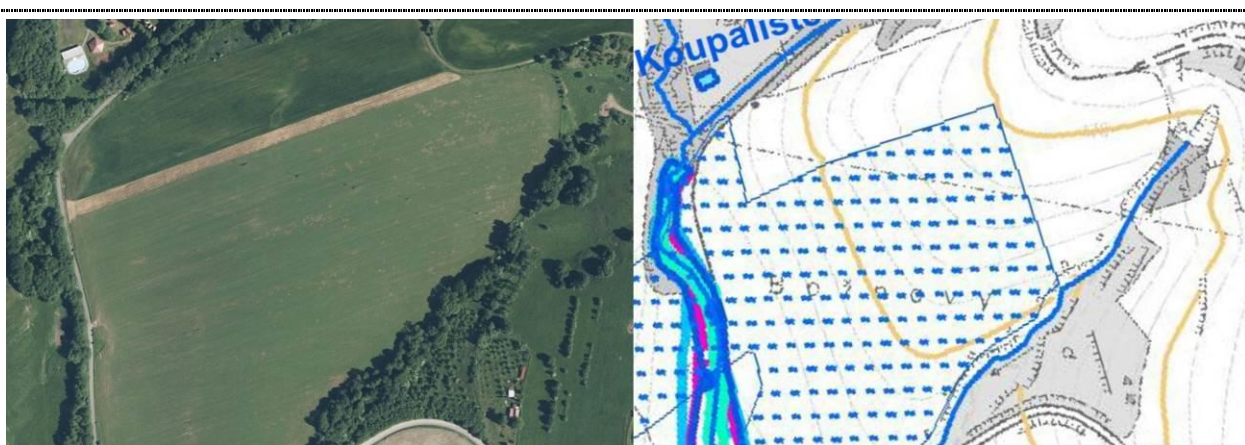


Obr. 8: Tři plochy odvodnění u obce Vysoké Pole s dobou provádění (shora) 1970, 1991 a 1974. Žádné z odvodňovacích opatření není na snímku viditelné bez ohledu na druh kultury na povrchu).

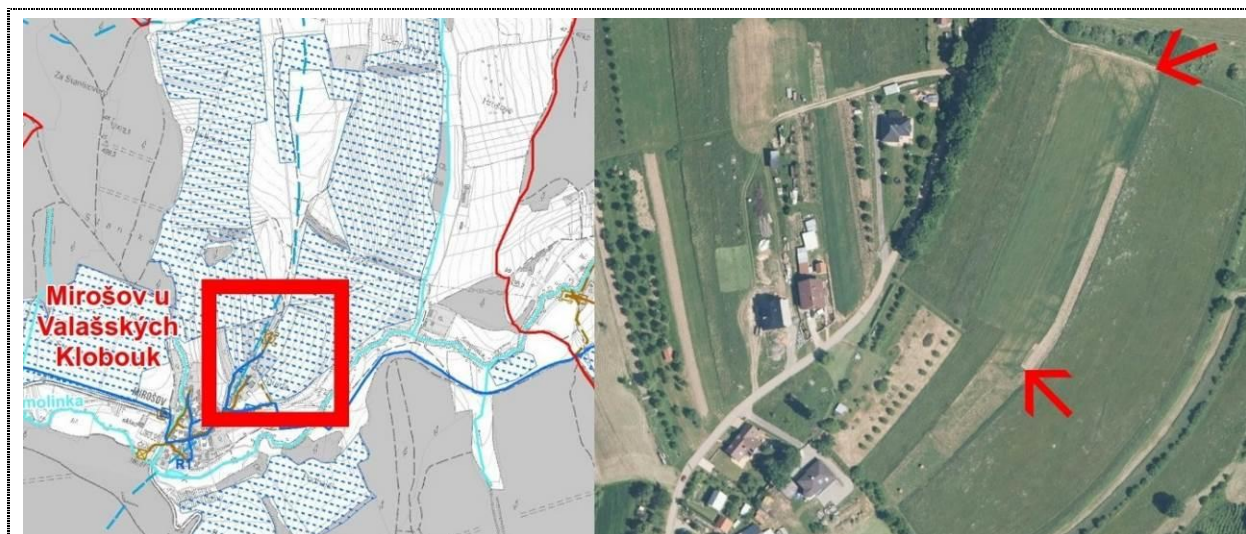




Obr. 9: Plochy odvodnění u obce Újezd provedené v roce 1980, bez viditelných projevů odvodňovacích prvků a bez zřetelných rozdílů mezi odvodněnými a neodvodněnými plochami.



Obr. 10: Plošné odvodnění mezi obcemi Drnovice a Tichov provedené v roce 1970, bez viditelných projevů odvodňovacích prvků a bez zřetelných rozdílů mezi odvodněnými a neodvodněnými plochami.



Obr. 11: Část plochy odvodnění u obce Mirošov z roku 1968 s ojedinělým vizuálním projevem některých prvků (jednotlivé sběrné drény jsou několika místech zřetelně patrné).



Obr. 12: Plocha z obr. 11. Na snímcích z let 2017 (vlevo) a 2006 lze demonstrovat vliv hospodaření na viditelnost projevů odvodnění i jejich postupné mizení.





Obr. 13: Plocha odvodnění severně od obce Mirošov bez viditelných příznaků odvodňovacích prvků, s náznakem rozdílu mezi odvodněnou a neodvodněnou plochou.

Drenážní odtok, jako část celkového odtoku vod z příslušného povodí je specifickou hydrogeologickou charakteristikou, která je odlišná v různých genetických typech vodních útvarů podzemních vod a závisí také na litologickém složení prostředí, jeho hydraulických vlastnostech, klimatických podmínkách, velikosti plochy, okrajových podmínkách atd. Odvodnění ovlivňuje primárně režim mělkého podpovrchového odtoku a vodní bilanci nenasycené zóny.

Případná diagnostika současného stavu odvodňovací stavby zahrnuje nejen stav technických zařízení a objektů ale také přírodní podmínky (morfologii terénu, vodní režim a vlastnosti půd) a využití území (hospodářské podmínky, majetkové vztahy).

Pro vyhodnocení účinku (v případě návrhu eliminace odvodnění) se doporučuje používat nástroj "drenážní kalkulátor" (Kulhavý, Štibinger, 2010). Návrhovými parametry jsou rozhodnutí systému drenů a hloubka jejich uložení.

Z uvedeného je zřejmé, že pro přesnější určení vlivu drenáže na odvodnění konkrétního území je nutná znalost řady parametrů. Protože v úrovni studie není většina z nich dostupná s dostatečnou přesností, je nutno předkládané hodnocení považovat za předběžný odhad.

### 2.1.7 Ovlivnění kvality vod

Obecně působí drenážní systém z hlediska kvality vod negativně, protože v závislosti na půdních podmínkách více či méně urychluje a podporuje odnos živin i případných polutantů z ovlivněné části plochy. V některých specifických případech naopak zvětšuje retenční prostor pro vodu vstupující do půdního profilu a tím snižuje povrchový odtok a projevy povrchové eroze.

Jakost vod drenážních systémů úzce souvisí s mechanismy tvorby odtoku vod v nich. Dynamika koncentrací většiny látek je v drenážních vodách velmi proměnlivá; drenážní vody mohou mít jednotlivé složky odtoku (rychlá a pomalá složka a poměr jejich zastoupení a hodnoty koncentrací látek v nich), značnou časovou variabilitu, ve vazbě na průběh počasí (sezóna, intenzita a distribuce srážek, délka suchého období před příčinnou srážkou, atmosférická depozice), půdní a hydrogeologické podmínky povodí, nasycenost půdního profilu (předchozí vlhkostní / hydrologické podmínky v povodí), dobu a intenzitu aplikace hnojiv, biochemické reakce v půdním prostředí, způsob využití území a jeho morfologii

Podpovrchové odvodnění působí rozdílně na základní dvě skupiny látek, které lze v drenážních vodách z fyzikálně-chemického pohledu detekovat jako látky rozpustitelné a látky nerozpustitelné (organického i anorganického původu). Významná a pro vyplavování podstatná je kromě rozpustnosti ve vodách také sorpční schopnost látky, tj. schopnost vytvářet různě pevné fyzikálně-chemické vazby s okolním prostředím, což je dáno vlastnostmi její aktuální formy výskytu (charakterem sloučeniny v jaké se nachází, její koncentrací a silou souvisejících vytvořených vazeb) ve vztahu k charakteru v

bezprostředním okolí se vyskytujícího půdního prostředí. Z hlediska škodlivosti působení ve vodách bývá největší pozornost věnována živinám (N, P, C) a látkám na ochranu zemědělských plodin (pesticidy, herbicidy, atd.). Látky rozpuštěné reprezentuje dusičnanový a amoniakální dusík, rozpustné dusíkaté pesticidy, rozpuštěné látky fosforu a uhlík, látky nerozpuštěné potom zejména partikulární fosfor a plaveniny. Souvisejícím problémem je potom záležitost možné kontaminace drenážních vod, pocházející z povrchových splachů z polních hnojišť nebo silážíšť, situovaných na odvodněných pozemcích

Posouzení jakosti drenážních a případně souvisejících povrchových vod je vhodné na předmětné drenážní skupině realizovat v případě možnosti použití různých eliminačních opatření s různou úrovní účinnosti z hlediska ochrany jakosti vod nebo pokud je tento aspekt žádoucí z hlediska požadavků ochrany přírody (např. druhová ochrana na vodu vázaných organismů) či zájmů vodohospodářských (vodárenský zdroj).

Pro posouzení vývoje jakosti vod je možné využít řadu podkladů, které jsou různě dostupné. Přesný obraz dynamiky jakosti drenážních a souvisejících povrchových vod podá pouze detailní analýza založená na několikaletých odběrech vzorků vod.

## 2.1.8 Celkové hodnocení

### 2.1.8.1 Povrchový odtok

Povrchový odtok je závislý především na rozložení srážek, konfiguraci terénu, typu půdy a vegetačním pokryvu. S výjimkou otevřených svodnic drenážní systémy povrchový odtok prakticky neovlivňují. Někdy se uvádí, že plošná drenáž povrchový odtok při vydatných srážkách zpomaluje uvolněním půdních pórů [04]. Uvolnění kapilárních pórů drenáží však současně vede ke zrychlenému transportu této vody do konečného recipientu, což zhruba kompenzuje uvedený pozitivní účinek.

V místech odvodnění mokřadů může být vliv drenáže na povrchový odtok v době srážek pozitivní, ale vzhledem k rozloham těchto lokalit zanedbatelný a z ekologického hlediska (omezení relativně vzácných stanovišť) nevhodný. V zájmovém území nebyly zaznamenány takové případy, jsou meliorovány zejména více či méně svažité pozemky, případně vrcholové partie terénu.

### 2.1.8.2 Hypodermický odtok

Bezprostřední hypodermický odtok představuje s povrchovým odtokem přímý odtok. Zpožděný hypodermický odtok společně s průsakem představuje základní odtok.

Z porovnání hodnot rychlostí proudění vody v drénech a filtračního proudění v zeminách je zřejmé, že systematická drenáž urychluje hypodermický odtok v bezprostředním okolí drenážních prvků. Na druhé straně drenáží vytvořené snížení saturevané zóny v půdě zvyšuje její potenciál pro infiltraci, což oddaluje nástup zrychleného hypodermického odtoku po příčné srážce.

Z hlediska bleskových povodní způsobených intenzivními srážkami lze považovat provedená odvodnění za pozitivní až neutrální, pouze v případě dlouhotrvajících srážek lze tento vliv hodnotit negativně.

V zájmovém území lze předpokládat významný podíl bezprostředního hypodermického odtoku na povrchovém odtoku převážně v nejvýše položených částech zájmového území se sklonem nad 30%. Na plochách s provedenou meliorací (s nižším sklonem) bude tento podíl výrazně nižší.

### 2.1.8.3 Celkový odtok

Z hlediska celkového odtoku z území lze předběžně očekávat zanedbatelný vliv provedených odvodnění. Odvodňovací soustavy ovlivňují výpar v tom smyslu, že mění termodynamické parametry půdního profilu. Z odvodněných půd je obvykle celkový výpar nižší než z neodvodněných. Protože zájmové území leží v klimatické oblasti mírně teplé (MT5, 7 a 9) a chladné (CH7), lze předpokládat, že úbytek výparu vzhledem k celkové vodní bilanci nebude významný.

V převážné většině případů odvodněné plochy nepředstavují zásah urychlující povrchový odtok, ale představují lokální změnu původních hydrických poměrů (nejčastěji omezením maxim HPV, která je u většiny ploch rozkolísaná v závislosti na dlouhodobějších srážkových podmínkách).

HMZ otevřená byla původně provedena jednak jako evakuace průsaků odvodněných ploch (zpravidla zaústěním sběrných drenů do prohloubené vodoteče, jednak jako odvodnění v místech výstupu svahových pramenů.

Protože pouze otevřené svodnice povrchový odtok vody urychlují, lze mluvit o lokálním urychlení povrchového odtoku ve srovnání s původním (přirozeným) stavem. V zájmovém území zastupují otevřené svodnice nejčastěji zahloubená napřímená koryta nebo příkopy v pramenných částech drobných vodotečí. U části těchto HMZ otevřených došlo zpravidla k částečnému zpřírodnění původních úprav.

### 2.1.9 Návrh opatření

Z hlediska opatření ke zlepšení odtokových poměrů v dotčeném území lze z obecně prospěšných opatření navrhnout především následující:

- ochrana půdy před utužením: redukce hloubky a intenzity kypření, minimalizace pojezdů, přednostní využití mechanizace s příznivějším zatížením (nízkotlaké pneu apod.);
- zlepšení struktury odvodněné půdy: organické hnojení, zařazení plodin pro zelené hnojení, zapojení hlubokokořenících rostlin;
- vhodné řízení pastvy: mobilní napajedla a příkrmíště na rovných plochách s hlubokým půdním profilem, oplocením vyloučené pramenné vývěry, toky, občasné podmáčené plochy;
- ochrana půdy před degradací (organizační opatření);
- vytváření integrovaných ochranných zón na kontaktu vodotečí a meliorací;
- vytváření tůní a mokřadů - podle dostupnosti vhodných lokalit (v zájmovém území je pouze 6 vodních ploch přesahujících 10 m, z toho jen jedna malá vodní nádrž);
- opatření proti plošnému a soustředěnému povrchovému odtoku (travní pásy, průlehy);
- opatření proti soustředěnému odtoku z ploch LPF.

Z hlediska zvýšení retenční schopnosti území zatím není k dispozici dostatek údajů pro návrh případné eliminace stávajících odvodněných ploch. Např. příznaky vysušování půdy ve vegetačním období jsou patrné i na neodvodněných plochách a souvisí pravděpodobně s utužením půd nebo nevhodnou orientací obhospodařovacích zásahů (viz obr. 14).



Obr. 14: Nevhodné pojiždění zemědělských ploch (po spádnicí), levý svah Benčice u Vysokého Pole.

V následujícím přehledu jsou stručně komentována jednotlivá opatření.

#### 2.1.9.1 Plošná opatření

Jedná se především o organizační jejichž realizace bude závislá na ochotě jednotlivých subjektů



hospodařících na významných plochách v dotčeném území. Protože v zájmovém území nebyly identifikovány extrémně nepříznivé způsoby hospodaření na zemědělských plochách, lze očekávat potenciál plošných opatření poměrně omezený.

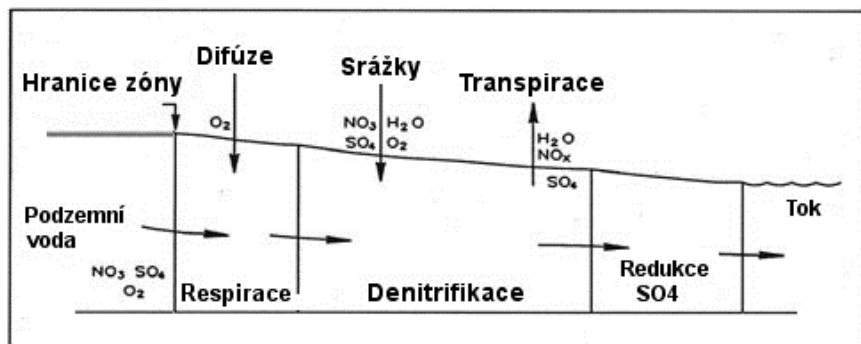
### 2.1.9.2 Lokální úpravy

Pro zlepšení současného stavu (snížení rychlosti povrchového odtoku) je vhodné uvažovat o úpravách otevřených HMZ. Snížením zahloubení (nebo řadou drobných lokálních vzdutí) lze dosáhnout přiblížení původnímu stavu HPV v blízkém okolí (trvalá retenční větších objemů vod zvýšenou infiltrací). Pro konkrétní návrhy bude nutná podrobná rekognoskace, vyhodnocení rizika boční eroze, ověření polohy drenážních vpustí a zvážení jejich možné úpravy (obr. 16).

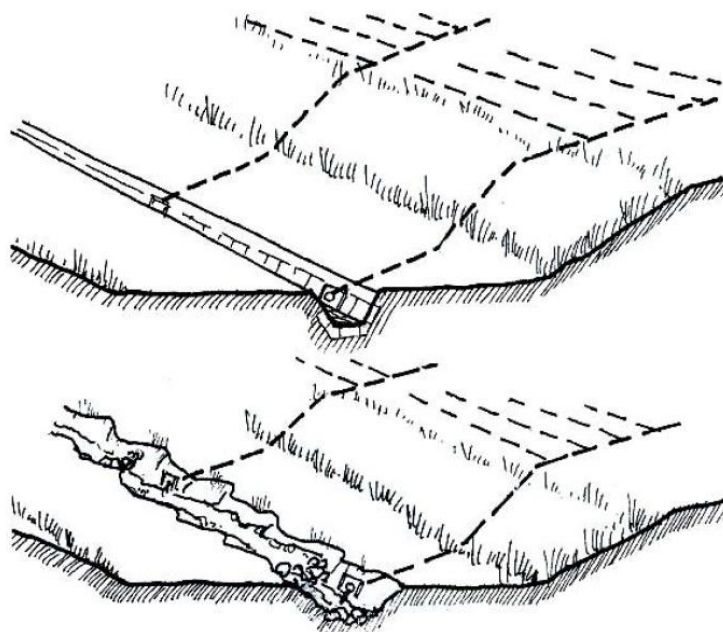
Celková délka úseků HMZ s potenciálem zlepšení odtokových poměrů v zájmovém území je kolem 5 km:

- levostranný přítok Sviborky pod Újezdem (1,0 km);
- Sviborka mezi Újezdem a Loučkou (0,8 km);
- pravostranný přítok Sviborky pod Loučkou (0,6 km);
- pravostranný přítok Vlárky u Drnovic (0,4 km);
- Tichovský potok nad obcí (1,0 km);
- pravostranný přítok Smolinky mezi Mirošovem a Smolinou (1,0 km).

Kromě lokálního snížení rychlosti povrchového odtoku by vhodné úpravy těchto úseků zlepšily jejich fyzikálně chemické a ekologické parametry.

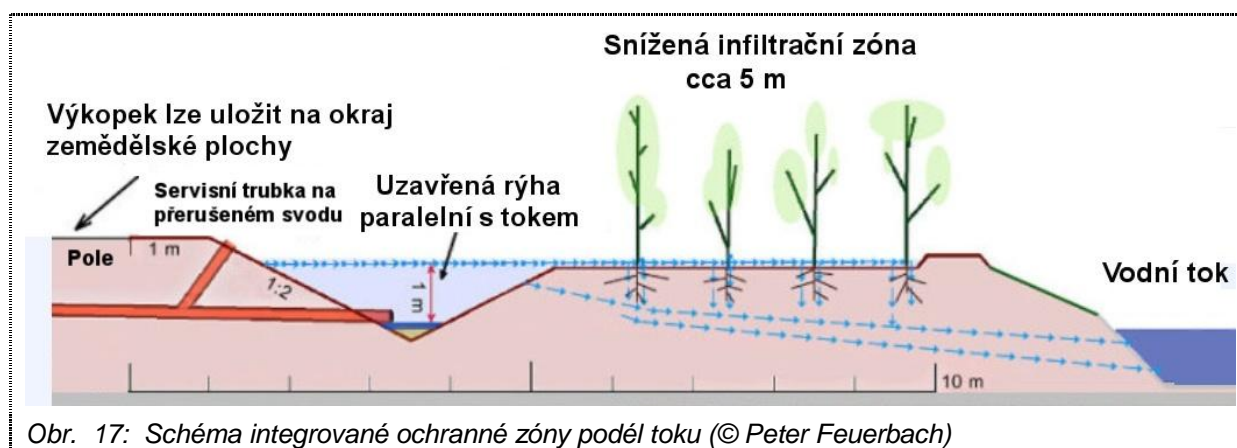


Obr. 15: Schéma procesů ovlivňujících podzemní vodu v příbřežní zalesněné zóně (upraveno podle: Coastal Plain Riparian Forests: Their Role In Filtering Agricultural Drainage, Correl, D., Weller, D. 1994)



Obr. 16: Původní stav a možný návrh revitalizace otevřeného HMZ (Just a kol., 2003)

Kromě úprav otevřených HMZ je možné zlepšit také hydromorfologické parametry místních toků (resp. nivy) vytvořením integrovaných ochranných zón (IOZ, Integrated Buffer Zones, IBZ). Tyto zóny představují cca 3 m široké a 30 - 100 m dlouhé úseky bezodtokých depresí (přikopů), které přerušují zaústění drenážních prvků okolních pozemků do toku (obr. 17, 18, 19).



Obr. 17: Schéma integrované ochranné zóny podél toku (© Peter Feuerbach)



Obr. 18: Výstavba integrované ochranné zóny podél toku, Bölarp (© Seznam.cz, www.basemap.at, OpenStreetMap, 2018)





Obr. 19: Realizace a vývoj integrované ochranné zóny (© Peter Feuerbach, projekt BalticSea 2020)

### 3 ANALÝZA PŘEPOČTU HODNOT PŘÍMÉHO ODTOKU Z POVODÍ BEZ PŘEHRÁŽEK A S PŘEHRÁŽKAMI

#### 3.1 Postup vyhodnocení

Pro vyhodnocení vlivu návrhových opatření bylo zvoleno vzorové území, pro které byly výpočtem pomocí srážkoodtokového modelu stanoveny odtokové poměry při stávajícím stavu a po zakomponování úprav v podobě přehrážek na vodních tocích.

Navrhovaná opatření spočívají v umístění přehrážek resp. soustav přehrážek do vodních toků. Umístěním přehrážek dojde ke snížení podélného sklonu toku v daném úseku a zadržení vody ve zdržích nad přehrážkami.

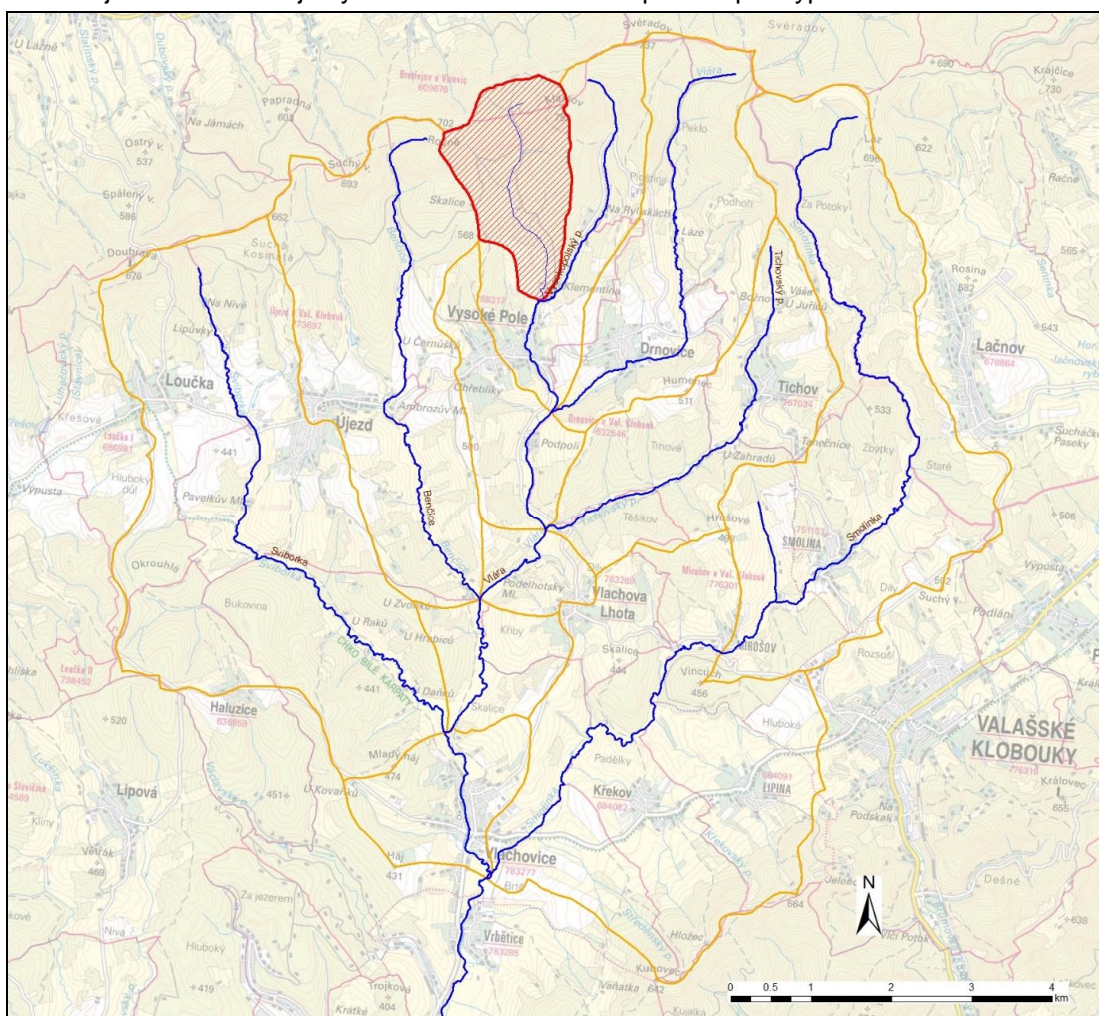
Odtokové poměry tak budou ovlivněny prodloužením doby dotoku do závěrového profilu a snížením celkové hodnoty přímého odtoku o jeho část zachycenou ve zdržích nad přehrážkami.

Stanovení míry tohoto ovlivnění je předmětem této analýzy.

##### 3.1.1 Vzorové území:

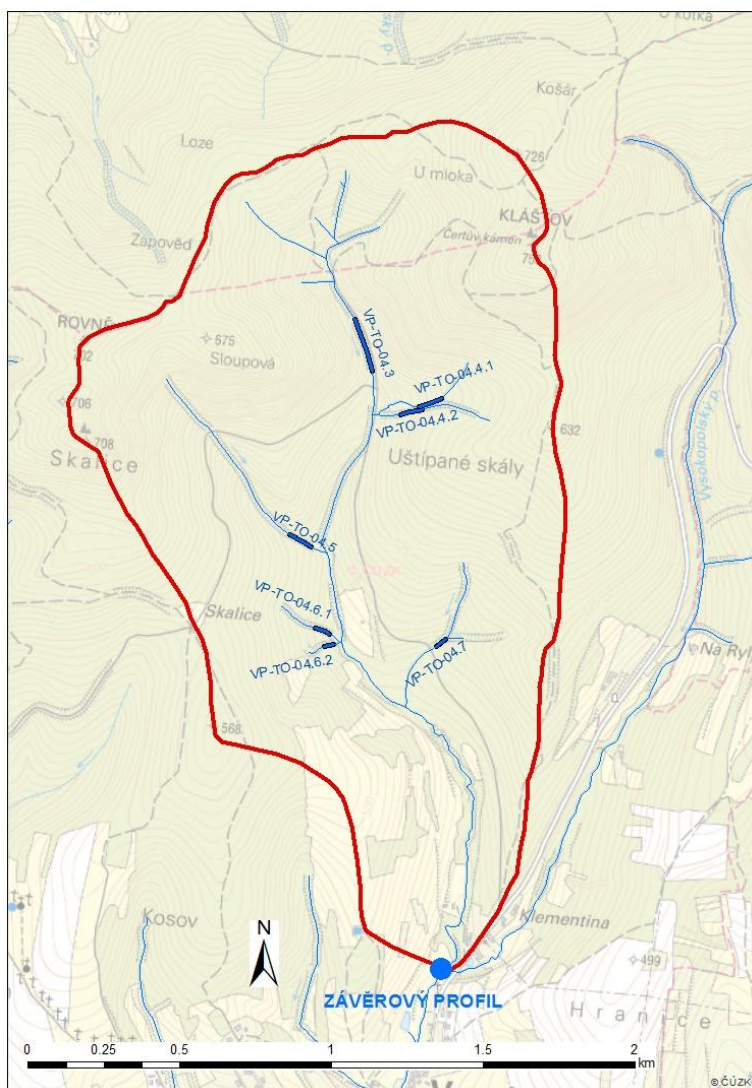
Území použité pro výpočet je vymezeno povodím bezejmenného pravobřežního přítoku Vysokopolského potoka nad obcí Vysoké Pole.

Na následujících obrázcích je vyznačeno vzorové území použité pro výpočetní model.



Obr. 20: Umístění vzorového území v rámci zájmové oblasti povodí Vlárky





Obr. 21: Vzorové území s vyznačením lokalit s navrženými přehrážkami

Ve výpočtu jsou uvažovány následující hodnoty a předpoklady:

Plocha vzorového území A	= 2,94 km <sup>2</sup>
Průměrná hodnota CN	= 75,8
Počet lokalit s navrženými přehrážkami	= 7
Průměrný počet přehrážek v jedné lokalitě	= 4
Průměrná výška přehrážky	= 0,5 m
Průměrná délka přehrážky	= 5,0 m

### 3.1.2 Postup výpočtu:

Výpočet je proveden pomocí srážkoodtokového modelu HEC-HMS. Vodní toky jsou rozděleny na dílčí úseky a příslušná dílčí povodí. Toto dělení odpovídá dílčím oblastem vlivu návrhových opatření resp. úsekům se soustavami přehrážek.

Vliv návrhových úprav se projevuje prodloužením doby dotoku do závěrového profilu a snížením celkové hodnoty přímého odtoku o jeho část zachycenou ve zdržích nad přehrážkami. Tyto změny lze analyzovat prostřednictvím výstupů výpočtu v podobě hydrogramů odtoku ze zájmového území.

Copyright © AQUATIS a.s.

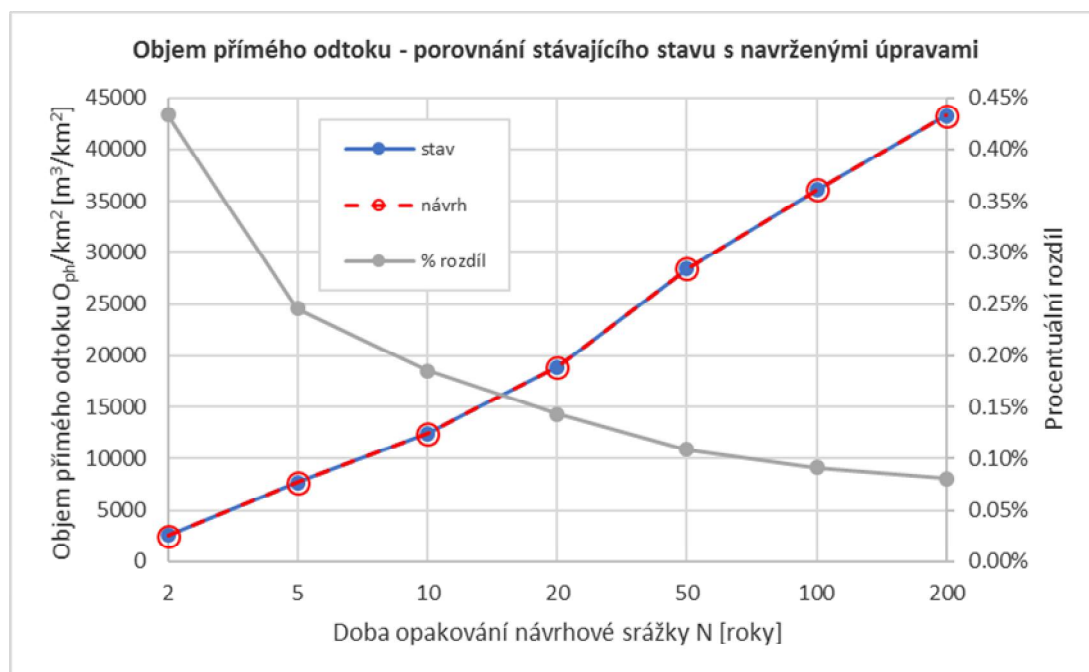


Výpočet byl proveden pro stávající stav a pro stav s návrhovými opatřeními. Použity byly syntetické hyetogramy návrhových srážek (dle ÚFA AV ČR) s dobou opakování 2 - 200 let. Výsledné hodnoty odtoku byly porovnány v závěrovém profilu (ústí bezejmenného pravobřežního přítoku do Vysokopolského potoka).

Vyhodnocení:

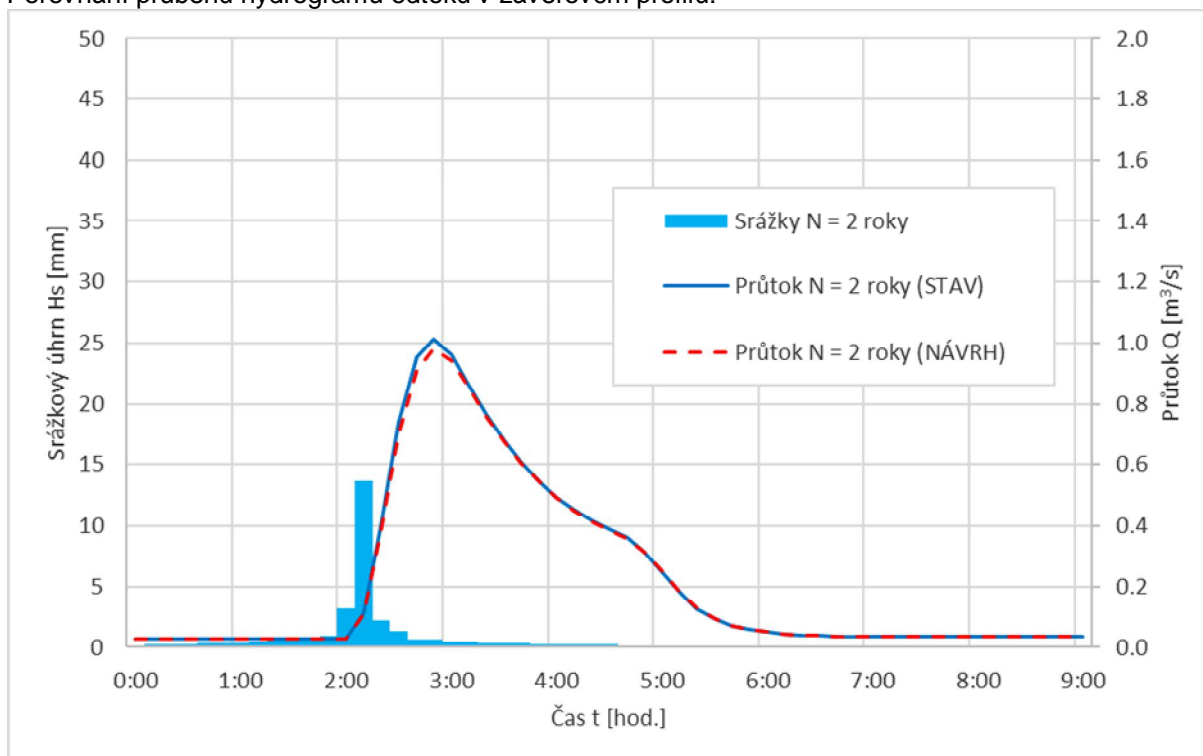
Tab. 2: Porovnání objemů přímého odtoku při stávajícím stavu a při zahrnutí návrhových opatření

Doba opakování návrhového deště N [roky]	Objem přímého odtoku $O_{ph}$ [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]		Rozdíl %
	Stávající stav	Návrhová opatření	
2	2541	2530	0.43%
5	7731	7712	0.25%
10	12438	12415	0.18%
20	18896	18869	0.14%
50	28411	28380	0.11%
100	36102	36069	0.09%
200	43248	43213	0.08%

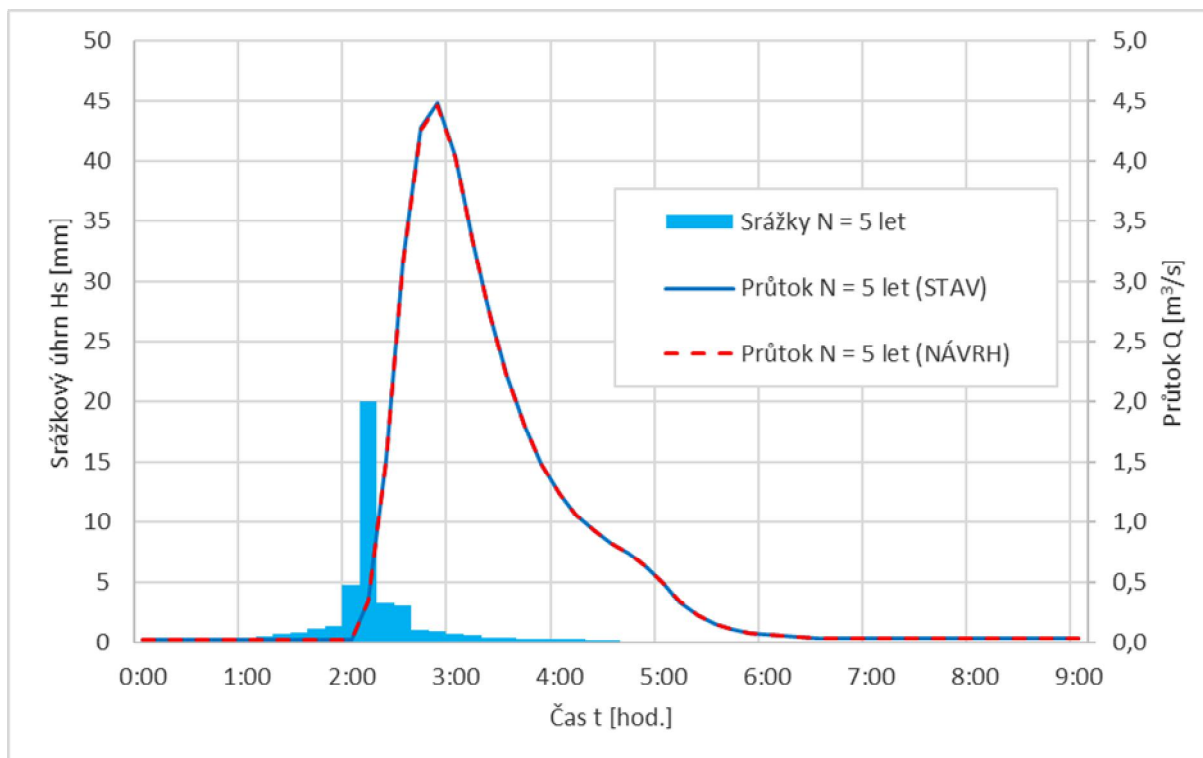


Graf 1: Porovnání objemů přímého odtoku při stávajícím stavu a při zahrnutí návrhových opatření

Porovnání průběhu hydrogramů odtoku v závěrovém profilu:



Graf 2: Hydrogram odtoku v závěrovém profilu při návrhovém dešti s dobou opakování  $N = 2$  roky



Graf 3: Hydrogram odtoku v závěrovém profilu při návrhovém dešti s dobou opakování  $N = 5$  let

### **3.2 Závěr:**

Z výstupů srážkoodtokového modelu je zřejmé, že vliv návrhových opatření v podobě přehrážek na odtokové poměry v závěrovém profilu bude velmi nízký ve srovnání např. s vlivem plošných opatření. V procentuálním vyjádření se vliv přehrážek projeví nejvíce při dešťových událostech s nižší dobou opakování. Nejvýznamnější změna u deště s dobou opakování  $N = 2$  roky se však na hodnotě objemu přímého odtoku projeví pouze mírou 0,43%. Na druhou stranu je potřeba zmínit, že tato změna vznikne na základě realizace opatření poměrně malého rozsahu vzhledem k velikosti zájmového území (v průměru 1 přehrážka na 10,5 ha plochy povodí).



## 4 ANALÝZA PLOŠNÝCH OPATŘENÍ

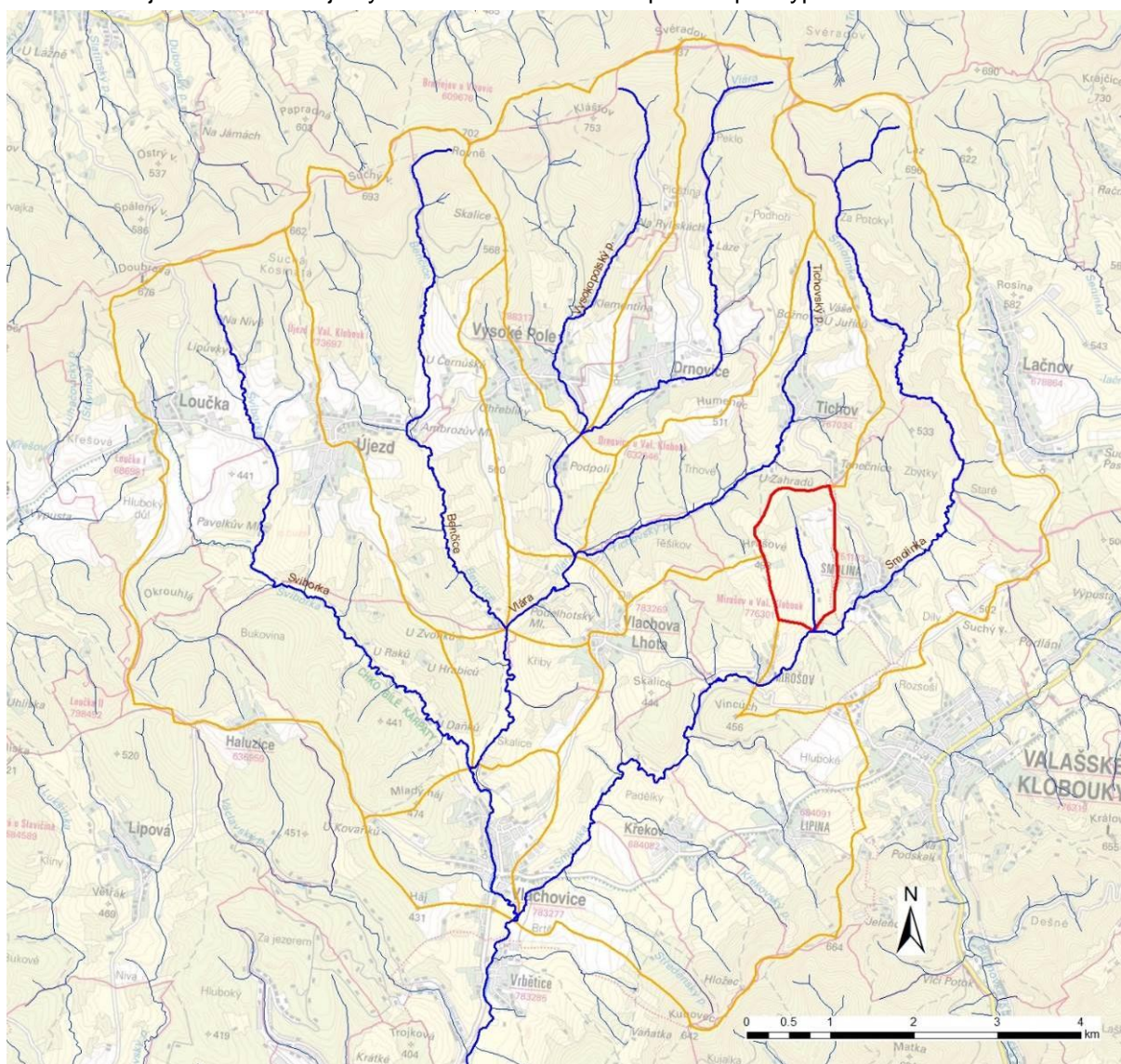
### 4.1 Posouzení vlivu návrhových opatření v zájmovém území na odtokové poměry

#### 4.1.1 Postup vyhodnocení

Pro vyhodnocení vlivu návrhových opatření bylo zvoleno vzorové území, pro které byly výpočtem stanoveny odtokové poměry při stávajícím stavu a po zakomponování terénních úprav.

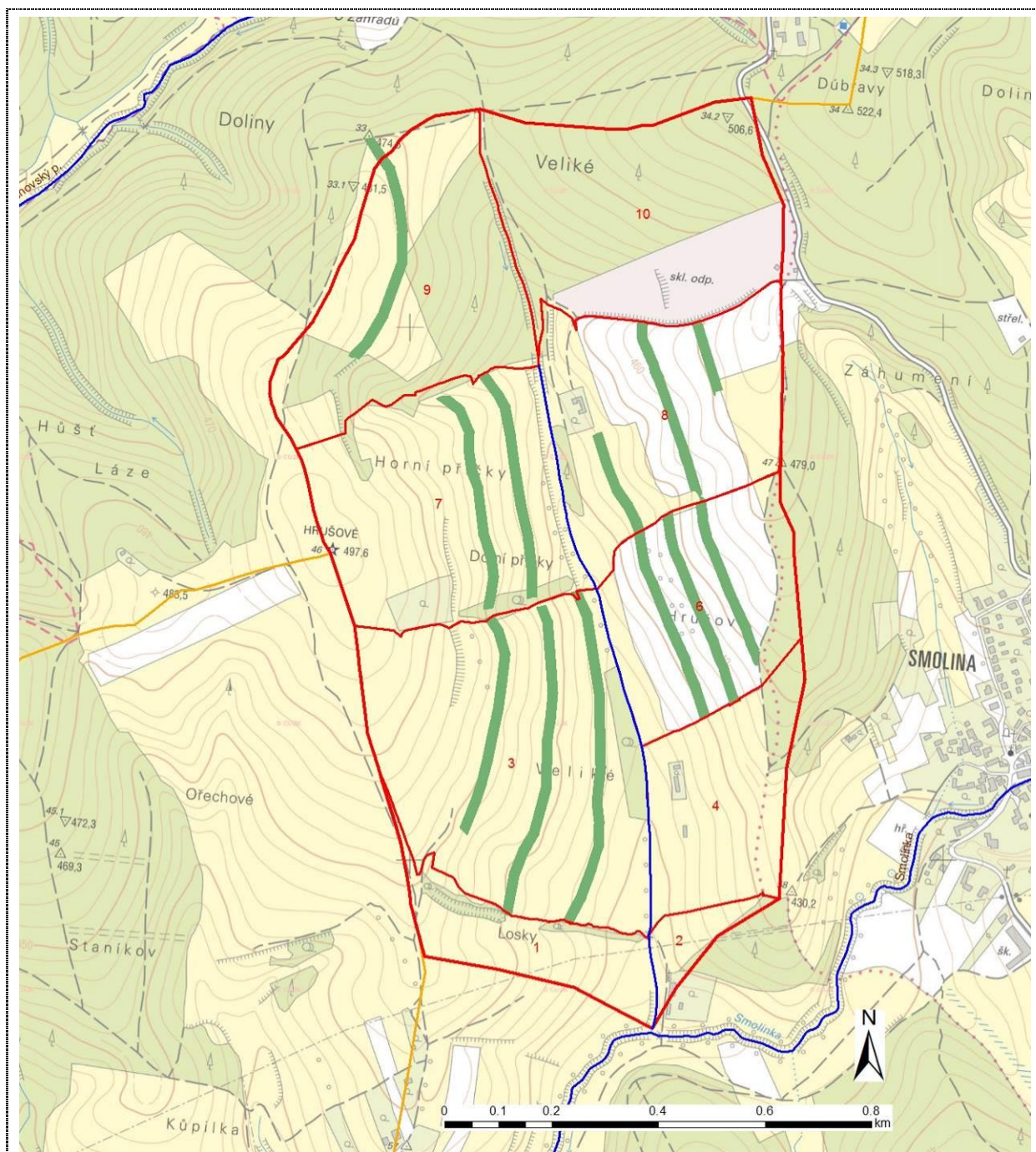
Navrhovaná opatření spočívají v umístění liniových prvků - zatravněných pásů se záchytnými příkopy, snižujícími objem odtoku z výše položené části území během srážkové události.

Na následujících obrázcích je vyznačeno vzorové území použité pro výpočetní model.



Obr. 22: Umístění vzorového území v rámci zájmové oblasti povodí Vlára





Obr. 23: Vzorové území s vyznačením návrhu zatravněných pásů, dělení na díličí povodí

Pro potřeby výpočtu je vzorové území rozděleno na dílčí povodí. Parametry zájmového území a návrhových opatření jsou uvedeny v následujícím přehledu.

Plocha povodí A	= 1,30 km <sup>2</sup>
Celková plocha úprav A <sub>upr</sub>	= 0,09 km <sup>2</sup> (= 7,2 % A)
Celková délka záchytných příkopů L	= 4703 m
Průměrná hodnota (stávající stav) CN <sub>stav</sub>	= 79,3
Průměrná hodnota (návrh) CN <sub>navrh</sub>	= 78,5

Parametry záchytného příkopu:	
Šířka příkopu ve dně b	= 1,5 m
Hloubka příkopu y	= 0,4 m
Průměrný sklon svahů příkopu	= 1:5

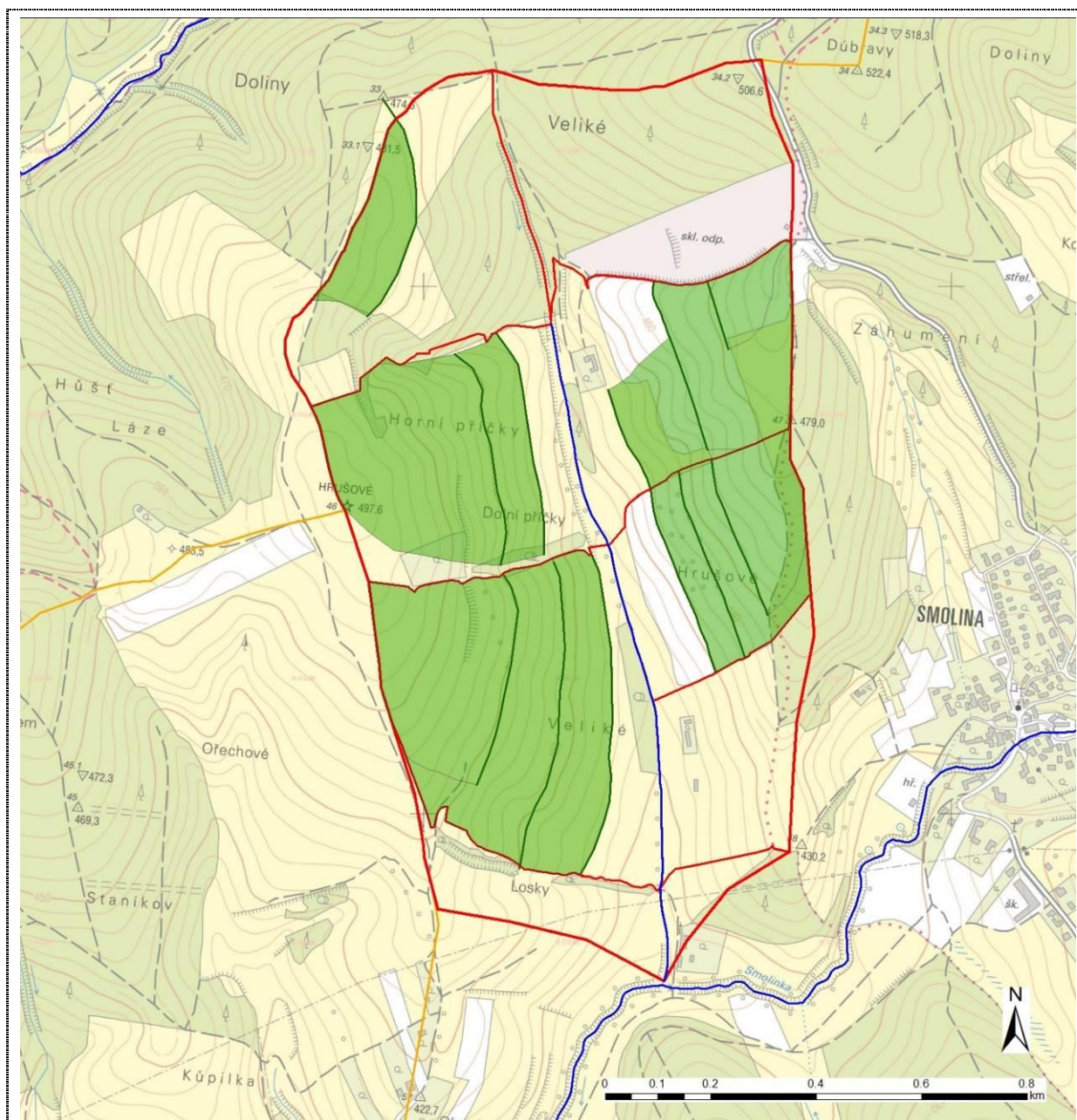
#### 4.1.2 Postup výpočtu:

Výpočet byl proveden pomocí srážkoodtokového modelu HEC-HMS. Území bylo rozděleno na dílčí povodí. Toto dělení odpovídá dílčím oblastem vlivu návrhových opatření resp. skupin opatření. Např. odtok z dílčích povodí č. 1, 2, 4 a 10 není návrhovými opatřeními nijak ovlivněn na rozdíl od dílčích povodí č. 3, 6-9.

Vliv návrhových úprav se projevuje jednak sníženou hodnotou CN na plochách odpovídajících navrženým zatravněným pásům a jednak snížením celkové hodnoty přímého odtoku o jeho část zadržanou v záchytných příkopech.

Výpočet byl proveden pro stávající stav a pro stav s návrhovými opatřeními. Použity byly syntetické hyetogramy návrhových srážek (dle ÚFA AV ČR) s dobou opakování 2 - 200 let. Výsledné hodnoty odtoku byly porovnány v závěrovém profilu (ústí PB přítoku do Smolinky).

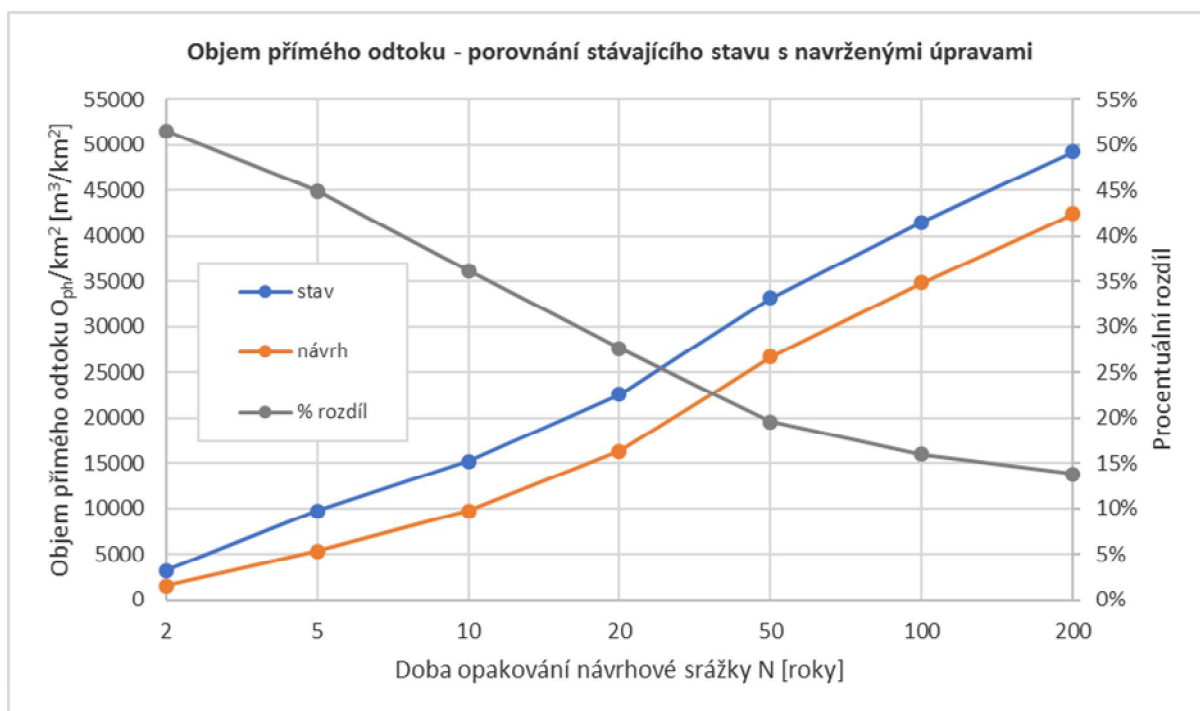




Obr. 24: Vyznačení ploch, z nichž je přímý odtok ovlivněn návrhovými opatřeními

Tab. 3: Porovnání objemů přímého odtoku při stávajícím stavu a při zahrnutí návrhových opatření

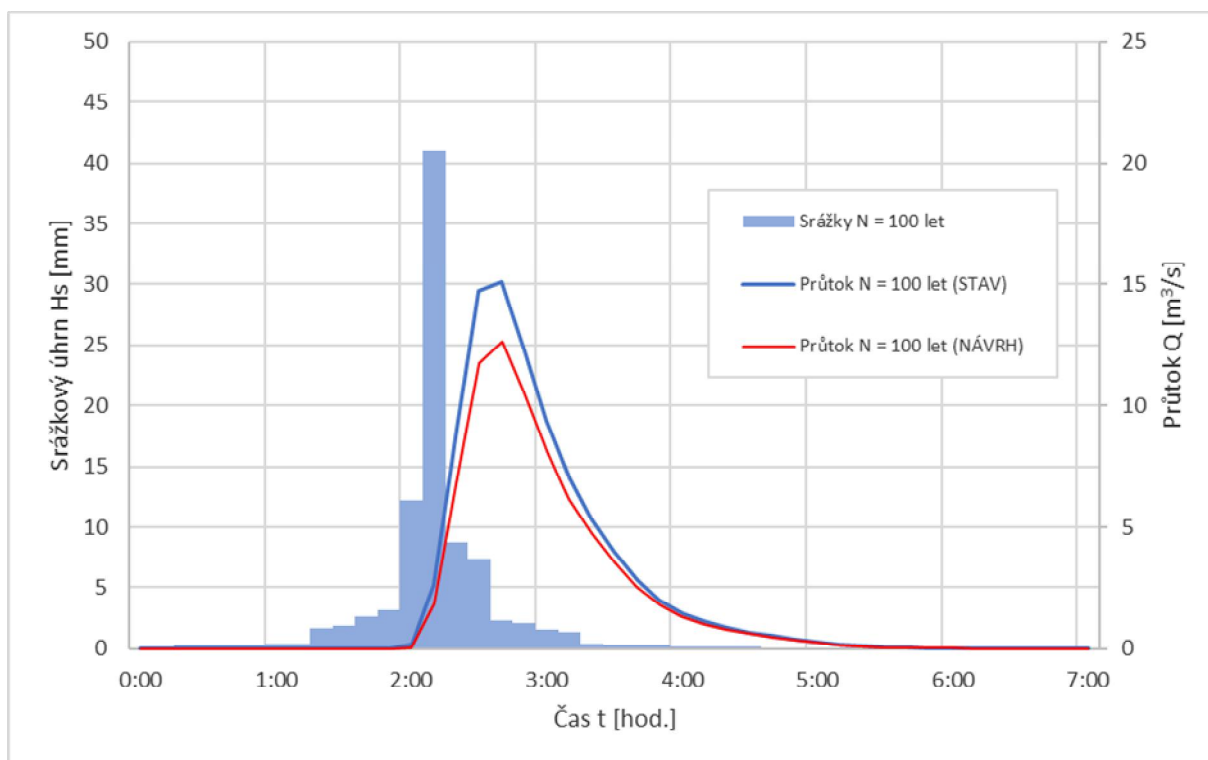
Doba opakování návrhového deště N [roky]	Objem přímého odtoku $O_{ph}$ [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]		Rozdíl %
	Stávající stav	Návrhová opatření	
2	3273	1586	51.5%
5	9736	5360	44.9%
10	15253	9737	36.2%
20	22597	16366	27.6%
50	33150	26663	19.6%
100	41534	34881	16.0%
200	49242	42454	13.8%



Graf 4: Porovnání objemů přímého odtoku při stávajícím stavu a při zahrnutí návrhových opatření

Tab. 4: Podrobná analýza odtoku ze ZÚ pro návrhový dešť s dobou opakování N = 100 let

číslo dílčího povodí	plocha povodí PLOCHA [km <sup>2</sup> ]	současný stav					po návrhu				
		průměrné CN v povodí	potenciální retence	přímý odtok	objem přímého odtoku	$O_{ph}/km^2$	průměrné CN v povodí	potenciální retence	přímý odtok	objem přímého odtoku	$O_{ph}/km^2$
		CN_prum	A [mm]	H0 [mm]	Oph [m <sup>3</sup> ]	Ophkm [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]	CN_prum	A [mm]	H0 [mm]	Oph [m <sup>3</sup> ]	Ophkm [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
		CN_prum	A [mm]	H0 [mm]	Oph [m <sup>3</sup> ]	Ophkm [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]	CN_prum	A [mm]	H0 [mm]	Oph [m <sup>3</sup> ]	Ophkm [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
1	0.0633	78.4	70	39.9	2524	39879	78.4	70	39.9	2524	39879
2	0.0188	77.9	72	39.0	733	39002	77.9	72	39.0	733	39002
3	0.2633	79.8	64	42.4	11162	42391	78.7	69	31.7	8345	31693
4	0.0994	79.7	65	42.2	4195	42208	79.7	65	42.2	4195	42208
6	0.1304	82.1	55	46.7	6091	46712	80.2	63	31.7	4129	31666
7	0.1941	78.2	71	39.5	7672	39527	76.2	79	29.9	5798	29871
8	0.1676	81.0	60	44.6	7477	44615	80.1	63	37.3	6246	37268
9	0.1725	77.7	73	38.7	6668	38655	77.3	74	34.3	5915	34287
10	0.1888	78.0	71	39.2	7397	39177	78.0	71	39.2	7397	39177
Celé povodí	1.2982	79.3	66	41.5	53919	41534	78.4	70	34.9	45283	34881



Graf 5: Hydrogram odtoku ze závěrového profilu při návrhové srážce s dobou opakování  $N = 100$  let

Tab. 5: Porovnání kulminačního průtoku v závěrovém profilu při současném stavu a při zahrnutí návrhových opatření

Doba opakování návrhového deště $N$ [roky]	Kulminační průtok $Q_{\text{kulminace}}$ [m³/s]	
	Stávající stav	Návrhová opatření
2	0.858	0.353
5	3.031	1.520
10	5.055	3.061
20	7.820	5.508
50	11.806	9.407
100	15.079	12.632
200	18.049	15.552

## 4.2 Závěr

Ve vzorovém území o ploše 1,30 km<sup>2</sup> jsou navrženy zatravněné pásy se zachytými příkopy sloužícími ke snížení přímého odtoku a zadržení vody na tomto území. V tomto případě zatravněné pásy zaujímají cca 7% celkové plochy území.

Z výstupů srážkoodtokového modelu je zřejmé, že vliv návrhových opatření na odtokové poměry se projeví nejvyšší mírou u srážek s nižší dobou opakování. Významný vliv je však zaznamenán i pro extrémní srážky, např. při návrhové srážce s dobou opakování  $N = 100$  let dojde ke snížení přímého odtoku z celého zájmového území o 16%.

Kulminační průtok v závěrovém profilu se při návrhové srážce s dobou opakování  $N = 100$  let sníží z 15,1 m³/s při návrhovém stavu na 12,6 m³/s při uvažování návrhových opatření.



## 5 VYHODNOCENÍ MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

### 5.1 Nádrže s celkovým objemem větší než 5000 m<sup>3</sup>

#### 5.1.1 DR-MVN-05 - návrh objektu výpustných zařízení

Míra bezpečnosti VD: povodeň PV 200

Návrhová povodeň: povodeň PV 100

Kóta koruny hráze:  $K_{KH}$  = 425,00 m n.m. (výška 5,4 m)

Maximální hladina:  $H_{MAX}$  = 424,50 m n.m. (převýšení 0,5 m)

Kóta dna nádrže:  $K_{dno}$  = 419,10 m n.m.

Celkový objem nádrže:  $V_c = 44,381$  tis. m<sup>3</sup>

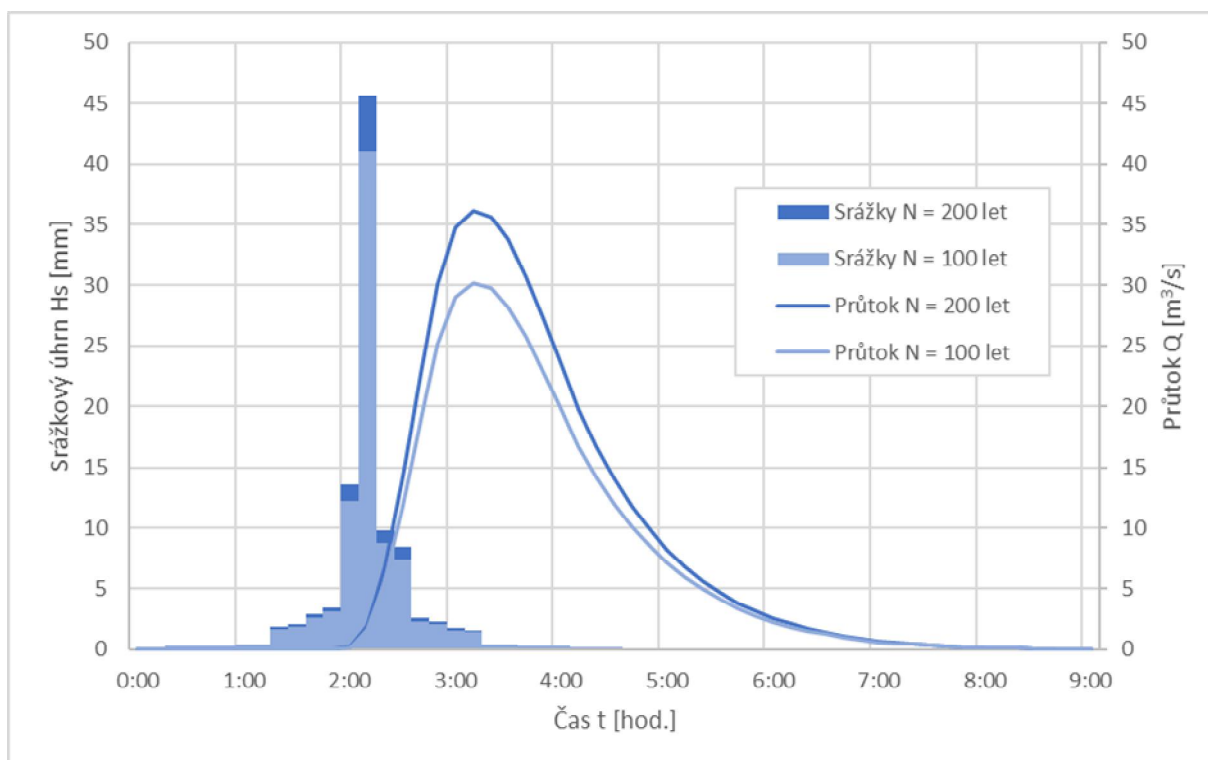
Srážkoodtokovým modelem HEC-HMS stanoven průběh PV 100, PV 200.

Kulminační průtok:  $Q_{100} = 30,200$  m<sup>3</sup>/s

Objem PV:  $V_{PV100} = 210,7$  tis. m<sup>3</sup>

Kulminační průtok:  $Q_{200} = 36,144$  m<sup>3</sup>/s

Objem PV:  $V_{PV200} = 249,6$  tis. m<sup>3</sup>



Graf 6: Hydrogram odtoku v profilu nádrže při návrhové srážce s dobou opakování  $N = 100$  a  $200$  let

Převedení povodňových průtoků:

- Sdružený objekt
- Nouzový přeliv

### 5.1.1.1 Návrh parametrů výpustných zařízení:

Kritérium 1 - Maximalizace zásobního objemu nádrže

Kritérium 2 - Přijatelné rozměry bezpečnostního přelivu

V následujícím přehledu jsou uvedeny 2 varianty rozvržení zásobního a retenčního prostoru v nádrži. Tato rozvržení jsou určena polohou a rozměry bezpečnostního přelivu resp. nouzového přelivu.

### 5.1.1.2 Varianta 1 – sdružený objekt (spodní výpust + bezpečnostní přeliv)

Kóta koruny BP:  $K_{BP} = 423,50$  m n.m.

Hladina zásobního prostoru:  $H_z = 423,50$  m n.m.

Zásobní objem nádrže:  $V_z = 24,0$  tis.  $m^3$

Retenční objem nádrže:  $V_r = 20,4$  tis.  $m^3$

Šířka BP:  $B = 20,00$  m

Spodní výpust:  $DN = 500$  mm

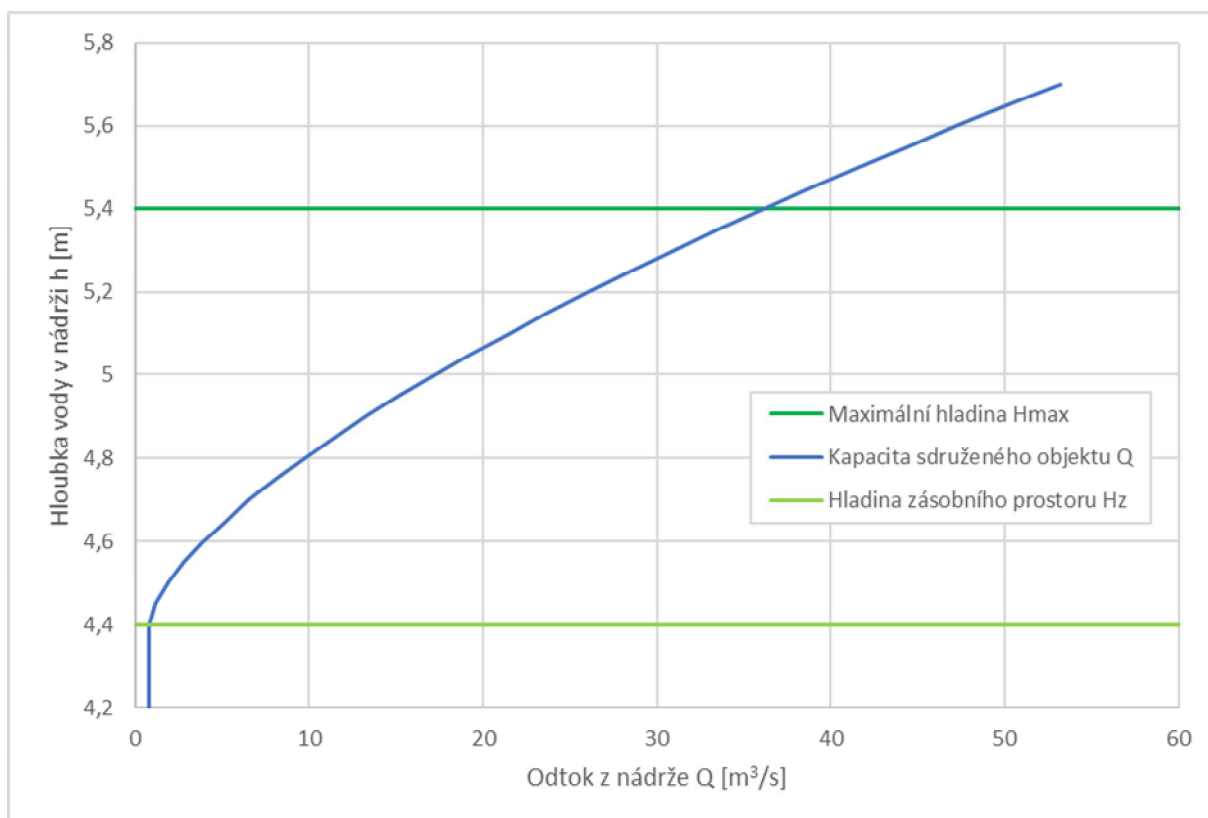
Při přepadové výšce 1,00 m bude bezpečnostním přelivem převeden kulminační průtok PV 200.

Manipulační schéma:

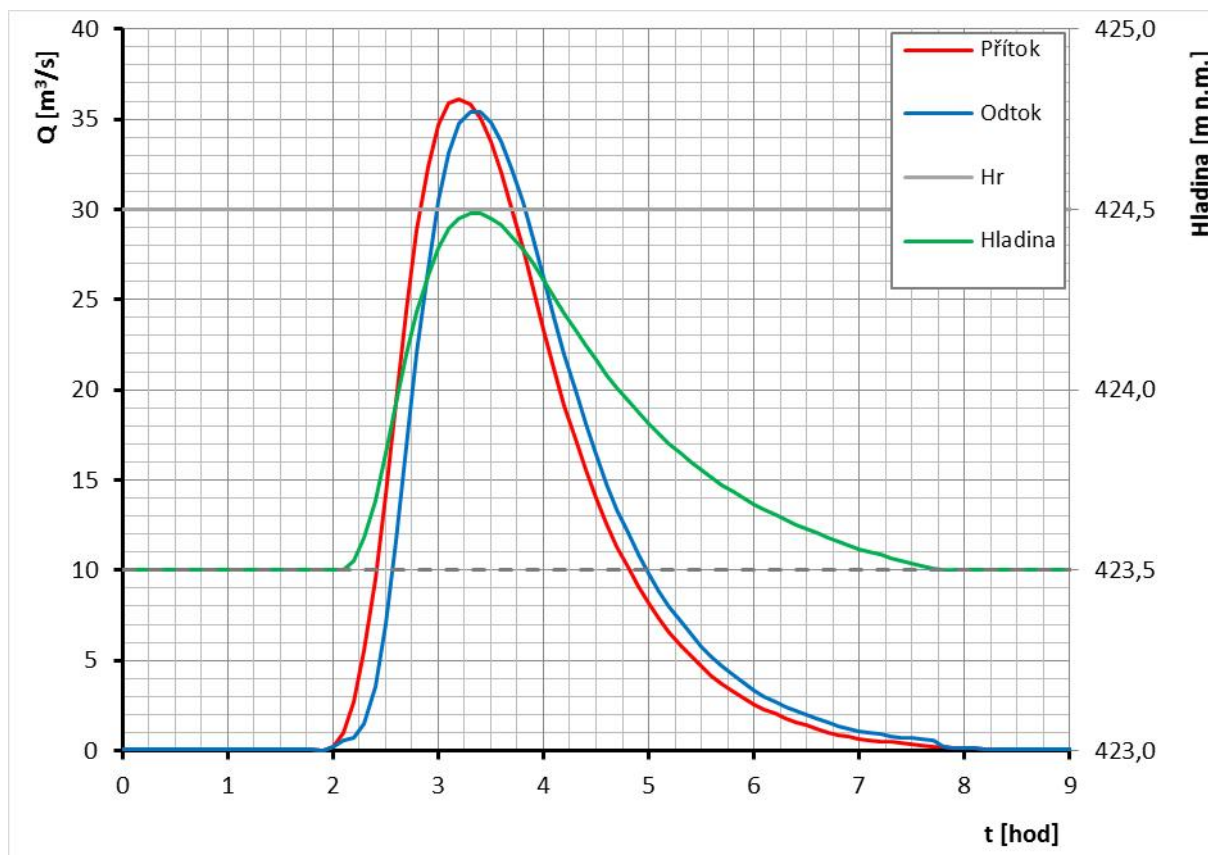
Hladina je udržována na úrovni  $H_z = H_{BP}$ .

Průtok je převáděn výpustným zařízením umožňujícím nastavení hladiny na úroveň koruny BP. Běžné průtoky jsou tak převáděny pouze spodní výpustí.

Při průchodu povodňové vlny PV 200 bude odtok převáděn spodní výpustí a přelivem při přepadové výšce 1,00 m a (dosažení  $H_{MAX} = 424,50$  m n.m.).



Graf 7: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1):



Graf 8: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200:

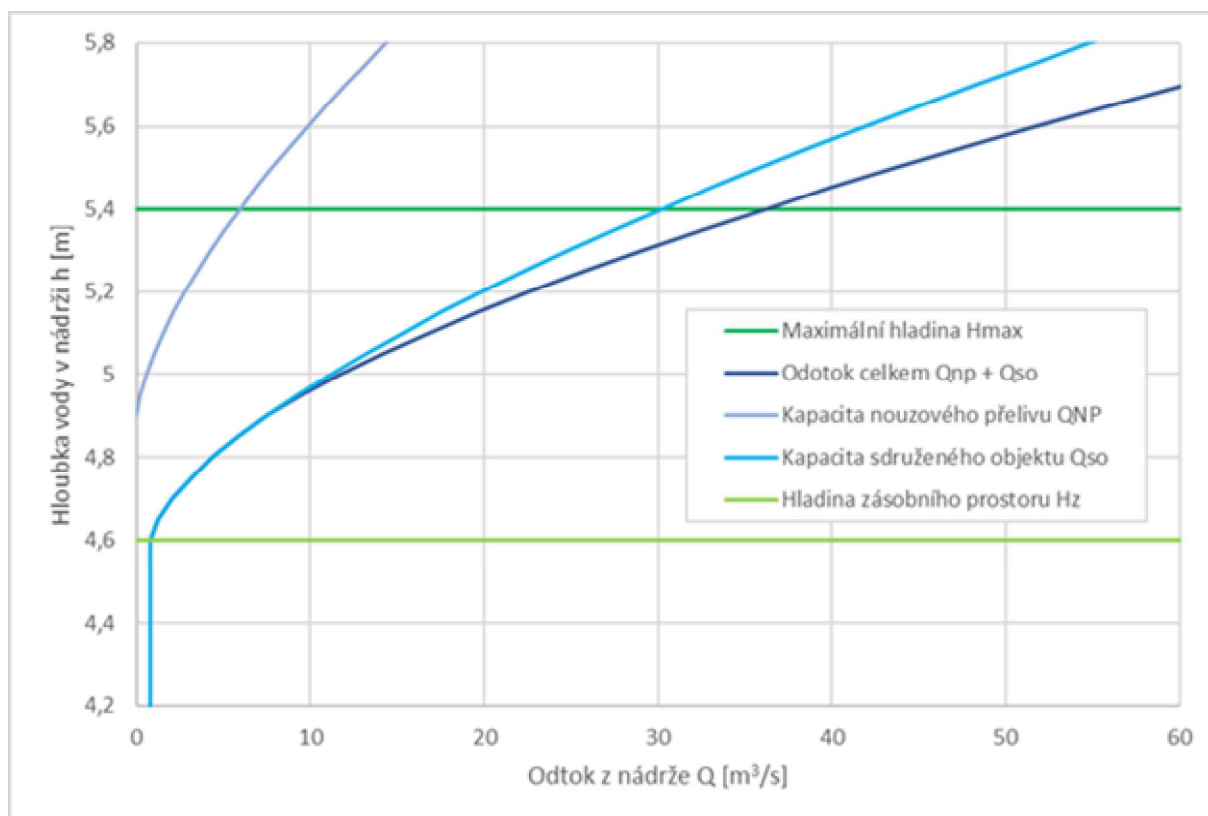
Výchozí hladina:	$H_{\min} = H_z$	= 423,50 m n.m.
Nejvyšší dosažená hladina:	$H_{\max, PV200} = H_{\max}$	= 424,50 m n.m.
Přítok - kulminace:	$Q_{200}$	= 36,144 m³/s
Odtok – kulminace:	$Q_{\text{odtok, MAX}}$	= 35,500 m³/s



### 5.1.1.3 Varianta 2 – sdružený objekt + nouzový přeliv

Kóta koruny BP:	$K_{BP}$	= 423,70 m n.m.
Kóta koruny nouzového přelivu:	$K_{NP}$	= 424,00 m n.m.
Hladina zásobního prostoru:	$H_z$	= 423,70 m n.m.
Zásobní objem nádrže:	$V_z$	= 27,4 tis. m <sup>3</sup>
Retenční objem nádrže:	$V_r$	= 17,0 tis. m <sup>3</sup>
Šířka BP:	$B_{BP}$	= 23,30 m
Šířka NP:	$B_{NP}$	= 12,65 m
Spodní výpust:	DN	= 500 mm

V této variantě je kromě sdruženého objektu uvažován nouzový přeliv s přelivnou hranou v úrovni 0,30 m nad kótou přelivné hrany bezpečnostního přelivu, který je součástí sdruženého objektu. Sdružený objekt je navržen na PV 100. Kulminační průtok PV 200 bude převeden částečně sdruženým objektem ( $Q_{100} = 30,200 \text{ m}^3/\text{s}$ ) při přepadové výšce 0,80 m na bezpečnostním přelivu a částečně nouzovým přelivem ( $Q_{200} - Q_{100} = 5,944 \text{ m}^3/\text{s}$ ) při přepadové výšce 0,50 m. Touto úpravou by bylo dosaženo zvětšení zásobního objemu nádrže o 3,4 tis. m<sup>3</sup> (14%). Toho však bude dosaženo za cenu významného zvětšení rozměru bezpečnostního přelivu resp. nutnosti vybudování nouzového přelivu.



Graf 9: Měrná křivka sdruženého objektu + nouzového přelivu (Varianta 2):

Tab. 6: Porovnání variant DR-MVN-05:

Varianta	Varianta 1	Varianta 2
Zásobní objem $V_z$ [tis. m <sup>3</sup> ]	24,0	27,4
Retenční objem $V_r$ [tis. m <sup>3</sup> ]	20,4	17,0
Šířka bezpečnostního přelivu $B_{BP}$ [m]	20,00	23,30
Šířka nouzového přelivu $B_{NP}$ [m]	-	12,65
Průměr potrubí spodní výpusti DN [mm]	500	500
Maximální hladina $H_{MAX}$ [m n.m.]	424,50	424,50
Kóta koruny bezpečnostního přelivu $K_{BP}$ [m]	423,50	423,70
Kóta koruny nouzového přelivu $K_{NP}$ [m]	-	424,00
Hladina zásobního prostoru $H_z$ [m n.m.]	423,50	423,70
Maximální přítok PV 200 [m <sup>3</sup> /s]	36,144	36,144
Transformovaný odtok PV 200 [m <sup>3</sup> /s]	35,500	35,723

Plnění nádrže:

Za předpokladu, že hodnota průměrného přítoku do nádrže bude odpovídat dlouhodobému průměrnému průtoku v profilu hráze  $Q_a$  a hodnota odtoku bude odpovídat průtoku  $Q_{330d}$ , bude rychlost plnění nádrže cca 43 l/s resp. 3689 m<sup>3</sup>/den.

Odhad hodnot  $Q_a$  a  $Q_{330d}$  pro profil hráze:

$$Q_i = Q_j \cdot A_i / A_j$$

Profil	Zdroj	Plocha povodí	$Q_a$	$Q_{330d}$
Vlára pod Vysokopolským potokem	ČHMÚ 2016	14,48 km <sup>2</sup>	137 l/s	16 l/s
Hráz DR-MVN-09	odhad	5,11 km <sup>2</sup>	48 l/s	6 l/s

### 5.1.2 DR-MVN-09 - návrh objektu výpustných zařízení

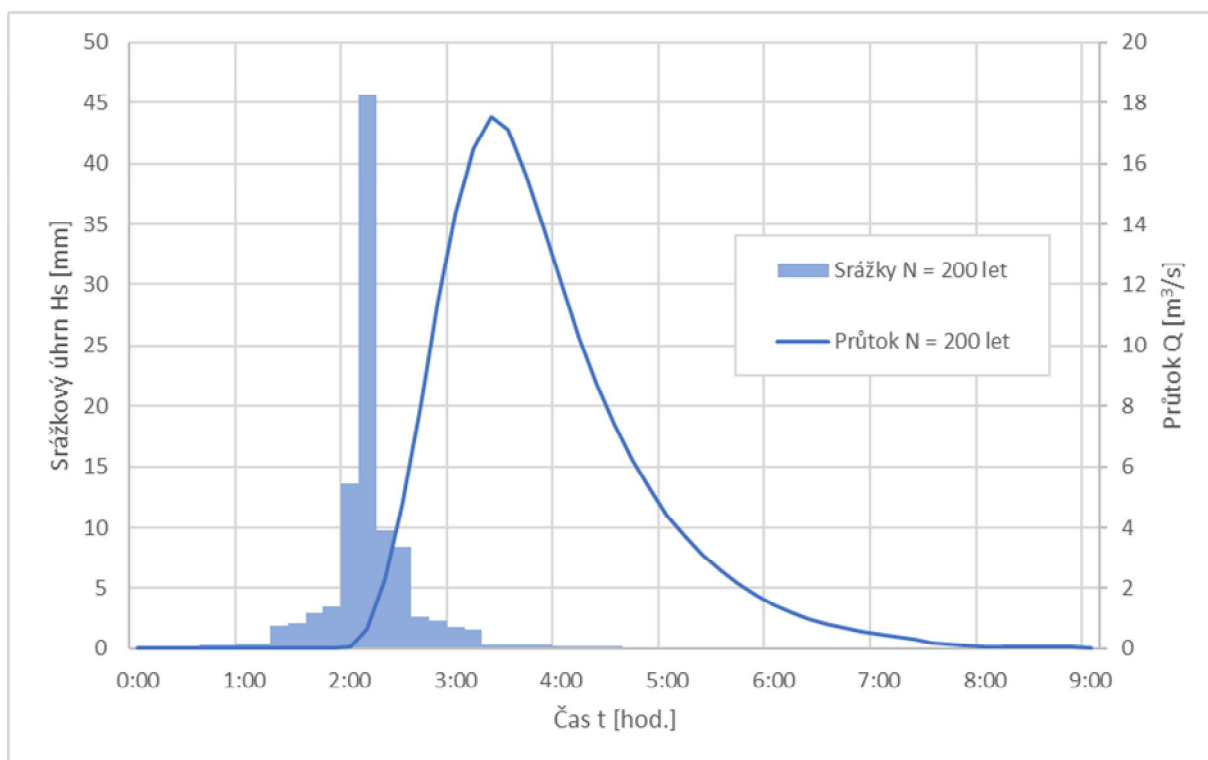
Míra bezpečnosti VD: povodeň PV 200

Kóta koruny hráze:  $K_{KH} = 465,00$  m n.m. (výška 6,0 m)  
Maximální hladina:  $H_{MAX} = 464,50$  m n.m. (převýšení 0,5 m)  
Kóta dna nádrže:  $K_{dno} = 459,80$  m n.m.

Celkový objem nádrže:  $V_c = 20,351$  tis. m<sup>3</sup>

Srážkoodtokovým modelem HEC-HMS stanoven průběh PV 200.

Kulminační průtok:  $Q_{200} = 17,515$  m<sup>3</sup>/s  
Objem PV 200:  $V_{PV200} = 119,0$  tis. m<sup>3</sup>



Graf 10: Hydrogram odtoku v profilu nádrže při návrhové srážce s dobou opakování  $N = 200$  let

#### 5.1.2.1 Návrh parametrů bezpečnostního přelivu (BP) resp. sdruženého objektu:

Kritérium 1 – Maximalizace zásobního objemu nádrže  
Kritérium 2 – Přijatelné rozměry bezpečnostního přelivu

V následujícím přehledu jsou uvedeny 2 varianty rozvržení zásobního a retenčního prostoru v nádrži. Tato rozvržení jsou určena polohou a rozměry bezpečnostního přelivu.



### 5.1.2.2 Varianta 1 – minimalizace bezpečnostního objektu

Kóta koruny BP:	$K_{BP}$	= 463,50 m n.m.
Hladina zásobního prostoru:	$H_z$	= 463,50 m n.m.
Zásobní objem nádrže:	$V_z$	= 11,1 tis. m <sup>3</sup>
Retenční objem nádrže:	$V_r$	= 9,2 tis. m <sup>3</sup>
Šířka BP:	$B$	= 9,50 m
Spodní výpust:	$DN$	= 500 mm

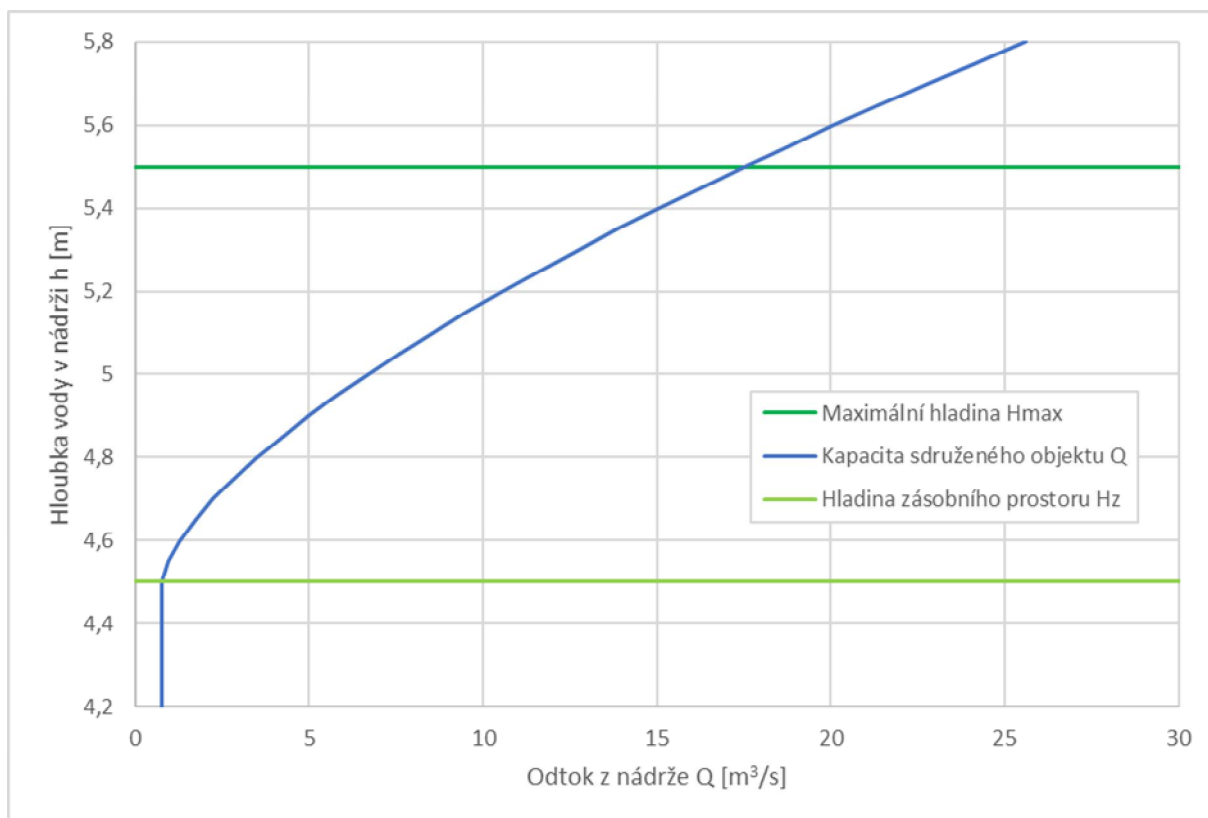
Tato varianta je výhodná vzhledem k minimalizaci rozměrů bezpečnostního přelivu resp. sdruženého objektu. Na šířce přelivu resp. délce přelivné hrany 9,50 m bude při přepadové výšce 1,00 m bezpečně převedena kontrolní povodeň PV 200. Přepadová výška 1,00 m však představuje významnou část celkového objemu nádrže ( $V_r = 45\% V_c$ ).

Manipulační schéma:

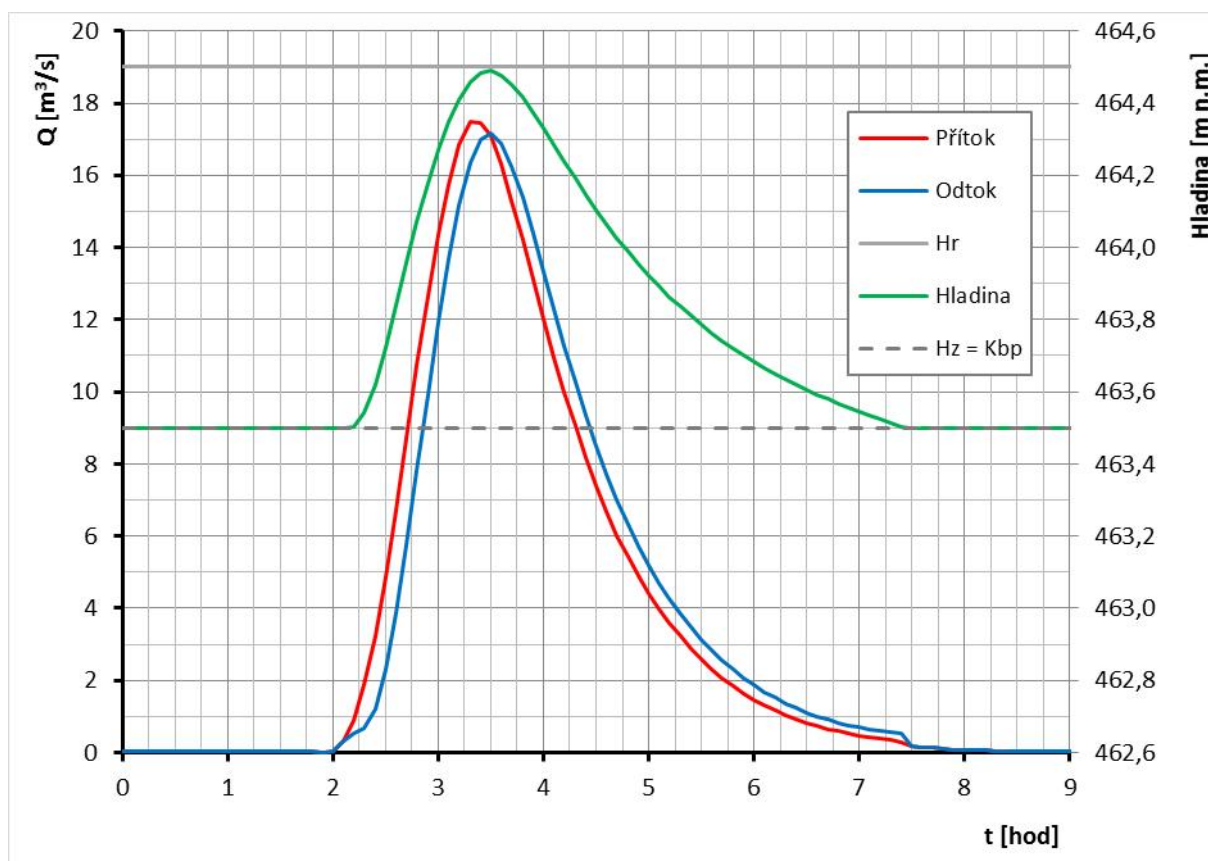
Hladina je udržována na úrovni  $H_z = H_{BP}$ .

Průtok je převáděn výpustným zařízením umožňujícím nastavení hladiny na úroveň koruny BP. Běžné průtoky jsou tak převáděny pouze spodní výpustí.

Při průchodu povodňové vlny PV 200 bude odtok převáděn spodní výpustí a přelivem při přepadové výšce 1,00 m a (dosažení  $H_{MAX} = 464,50$  m n.m.).



Graf 11: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1):



Graf 12: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200:

Výchozí hladina:	$H_{\min} = H_z$	= 463,50 m n.m.
Nejvyšší dosažená hladina:	$H_{\max, PV200} = H_{\max}$	= 464,50 m n.m.
Přítok - kulminace:	$Q_{200}$	= 17,515 m³/s
Odtok - kulminace:	$Q_{\text{odtok, MAX}}$	= 17,158 m³/s

### 5.1.2.3 Varianta 2 - maximalizace zásobního objemu nádrže

Kóta koruny BP:	$K_{BP}$	= 463,90 m n.m.
Hladina zásobního prostoru:	$H_z$	= 463,90 m n.m.
Zásobní objem nádrže:	$V_z$	= 14,4 tis. m <sup>3</sup>
Retenční objem nádrže:	$V_r$	= 6,0 tis. m <sup>3</sup>
Šířka BP:	$B$	= 20,40 m
Spodní výpust:	$DN$	= 500 mm

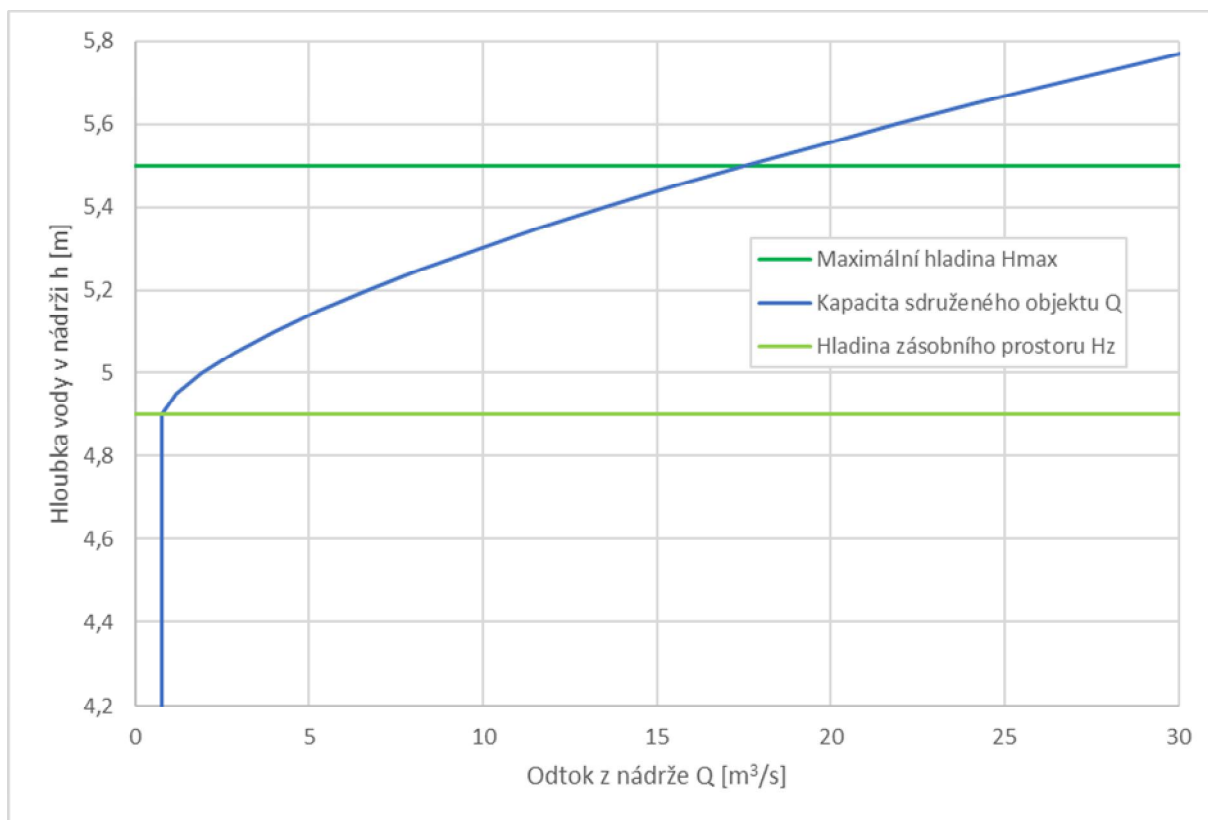
Tato varianta umožňuje použití výrazně větší části celkového objemu nádrže pro zásobní prostor ( $V_z = 71\% V_c$ ). Pro zajištění bezpečnosti vodního díla je však potřeba větší šířka bezpečnostního přelivu (cca dvojnásobná oproti variantě 1).

Manipulační schéma:

Hladina je udržována na úrovni  $H_z = H_{BP}$ .

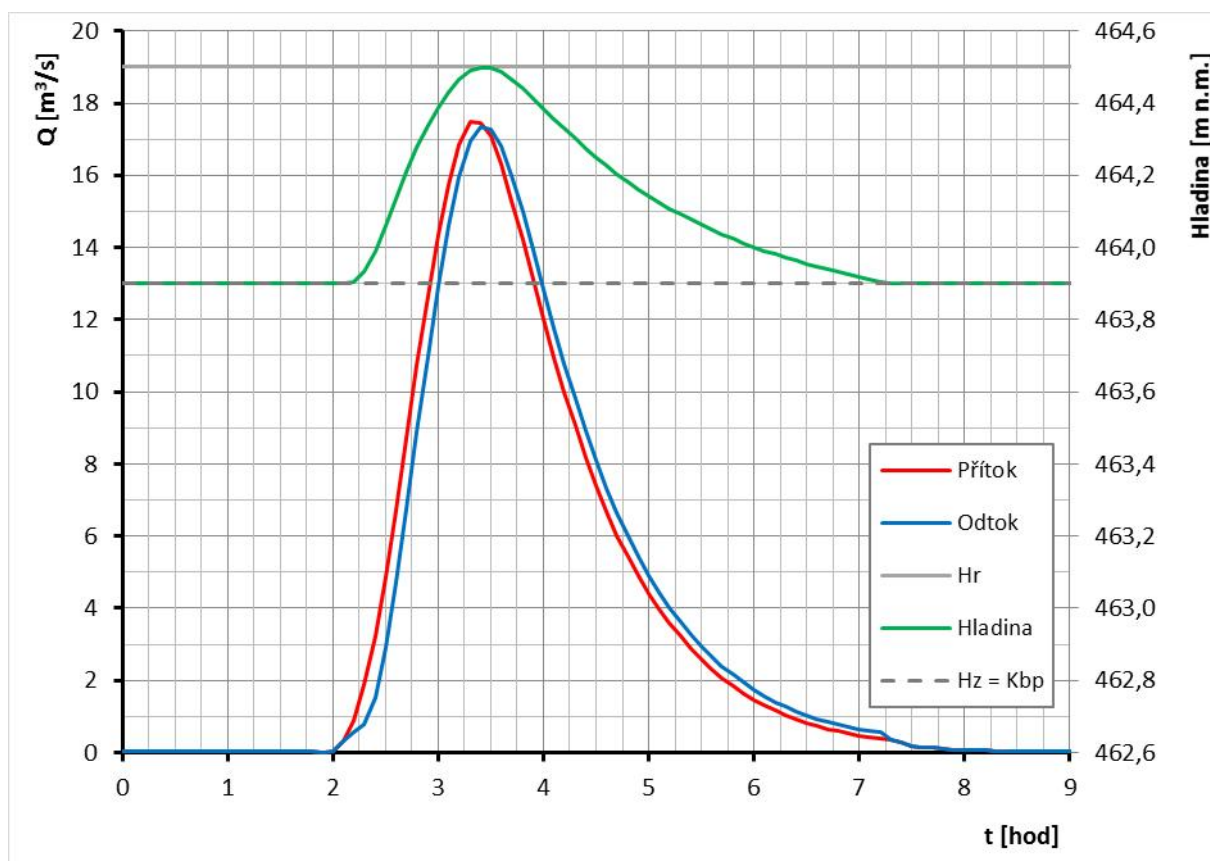
Průtok je převáděn výpustným zařízením umožňujícím nastavení hladiny na úroveň koruny BP. Běžné průtoky jsou tak převáděny pouze spodní výpustí.

Při průchodu povodňové vlny PV 200 bude odtok převáděn spodní výpustí a přelivem při přepadové výšce 0,60 m a (dosažení  $H_{MAX} = 464,50$  m n.m.).



Graf 13: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 2):



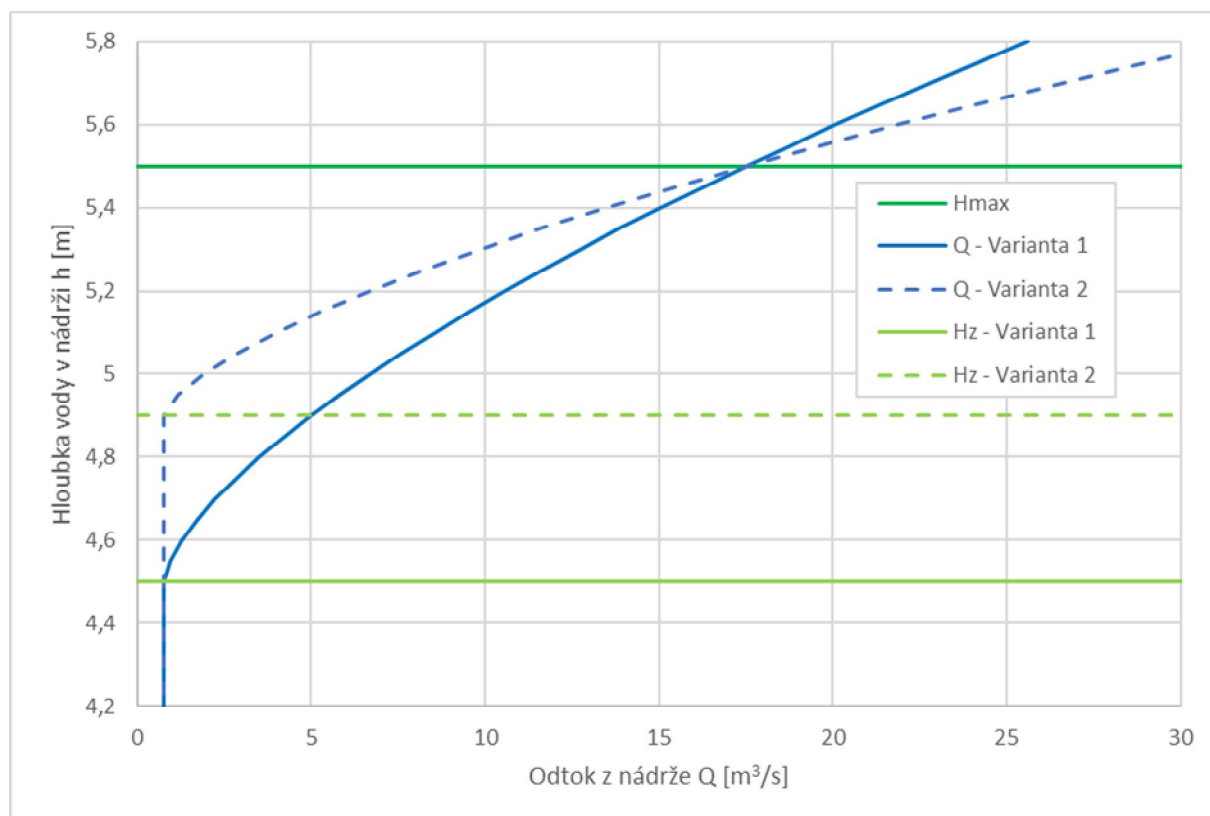


Graf 14: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200:

Výchozí hladina:	$H_{\min} = H_z$	= 463,90 m n.m.
Nejvyšší dosažená hladina:	$H_{\max, PV200} = H_{\max}$	= 464,50 m n.m.
Přítok - kulminace:	$Q_{200}$	= 17,515 m³/s
Odtok - kulminace:	$Q_{\text{odtok, MAX}}$	= 17,378 m³/s

Tab. 7: Porovnání variant DR-MVN-09:

Varianta	Varianta 1	Varianta 2
Zásobní objem $V_z$ [tis. m³]	11,1	14,4
Retenční objem $V_r$ [tis. m³]	9,2	6,0
Šířka bezpečnostního přelivu B [m]	9,50	20,40
Průměr potrubí spodní výpusti DN [mm]	500	500
Maximální hladina $H_{\max}$ [m n.m.]	464,50	464,50
Kóta koruny bezpečnostního přelivu $K_{BP}$ [m]	463,50	463,90
Hladina zásobního prostoru $H_z$ [m n.m.]	463,50	463,90
Maximální přítok PV 200 [m³/s]	17,52	17,52
Transformovaný odtok PV 200 [m³/s]	17,16	17,38



Graf 15: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1, 2):

Porovnány jsou zde dvě varianty využití celkového objemu nádrže a s tím souvisejících dimenzí bezpečnostních objektů. V dalším stupni projektové dokumentace je na základě požadavků investora možné zvolit kombinaci těchto parametrů dle stejného principu.

#### Plnění nádrže:

Za předpokladu, že hodnota průměrného přítoku do nádrže bude odpovídat dlouhodobému průměrnému průtoku v profilu hráze  $Q_a$  a hodnota odtoku bude odpovídat průtoku  $Q_{330d}$ , bude rychlost plnění nádrže cca 23 l/s resp. 2013 m<sup>3</sup>/den.

Odhad hodnot  $Q_a$  a  $Q_{330d}$  pro profil hráze:

$$Q_i = Q_j \cdot A_i / A_j$$

Profil	Zdroj	Plocha povodí	$Q_a$	$Q_{330d}$
Vlára pod Vysokopolským potokem	ČHMÚ 2016	14,48 km <sup>2</sup>	137 l/s	16 l/s
Hráz DR-MVN-09	odhad	2,79 km <sup>2</sup>	26 l/s	3 l/s

### 5.1.3 DR-MVN-13 - návrh objektu výpustných zařízení

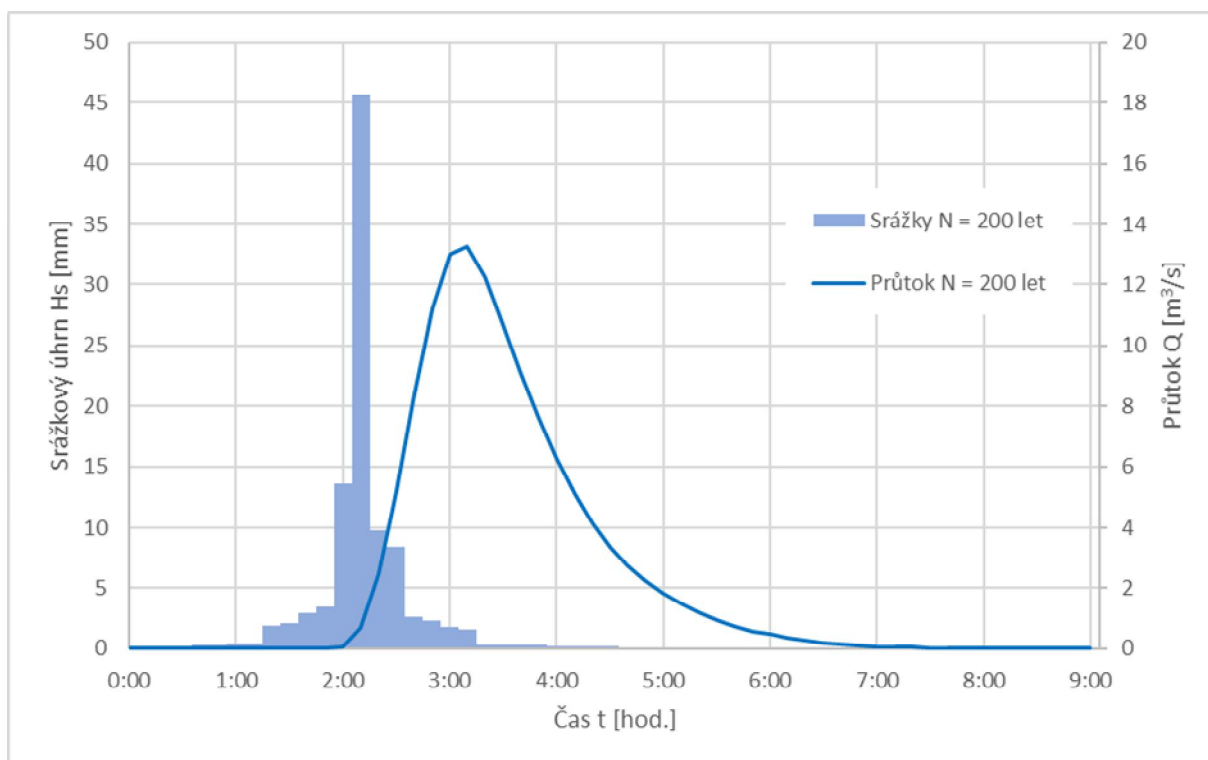
Míra bezpečnosti VD: povodeň PV 200

Kóta koruny hráze:  $K_{KH} = 490,00$  m n.m. (výška 6,0 m)  
Maximální hladina:  $H_{MAX} = 489,50$  m n.m. (převýšení 0,5 m)  
Kóta dna nádrže:  $K_{dno} = 484,00$  m n.m.

Celkový objem nádrže:  $V_c = 12,336$  tis. m<sup>3</sup>

Srážkoodtokovým modelem HEC-HMS stanoven průběh PV 200.

Kulminační průtok:  $Q_{200} = 13,259$  m<sup>3</sup>/s  
Objem PV 200:  $V_{PV200} = 76,1$  tis. m<sup>3</sup>



Graf 16: Hydrogram odtoku v profilu nádrže při návrhové srážce s dobou opakování  $N = 200$  let

#### 5.1.3.1 Návrh parametrů bezpečnostního přelivu (BP) resp. sdruženého objektu:

Kritérium 1 - Maximalizace zásobního objemu nádrže

Kritérium 2 - Přijatelné rozměry bezpečnostního přelivu

V následujícím přehledu jsou uvedeny 2 varianty rozvržení zásobního a retenčního prostoru v nádrži. Tato rozvržení jsou určena polohou a rozměry bezpečnostního přelivu.



### 5.1.3.2 Varianta 1 - minimalizace rozměrů bezpečnostního přelivu

Kóta koruny BP:	$K_{BP}$	= 488,50 m n.m.
Hladina zásobního prostoru:	$H_z$	= 488,50 m n.m.
Zásobní objem nádrže:	$V_z$	= 6,76 tis. m <sup>3</sup>
Retenční objem nádrže:	$V_r$	= 5,58 tis. m <sup>3</sup>
Šířka BP:	$B$	= 7,00 m
Spodní výpust:	$DN$	= 500 mm

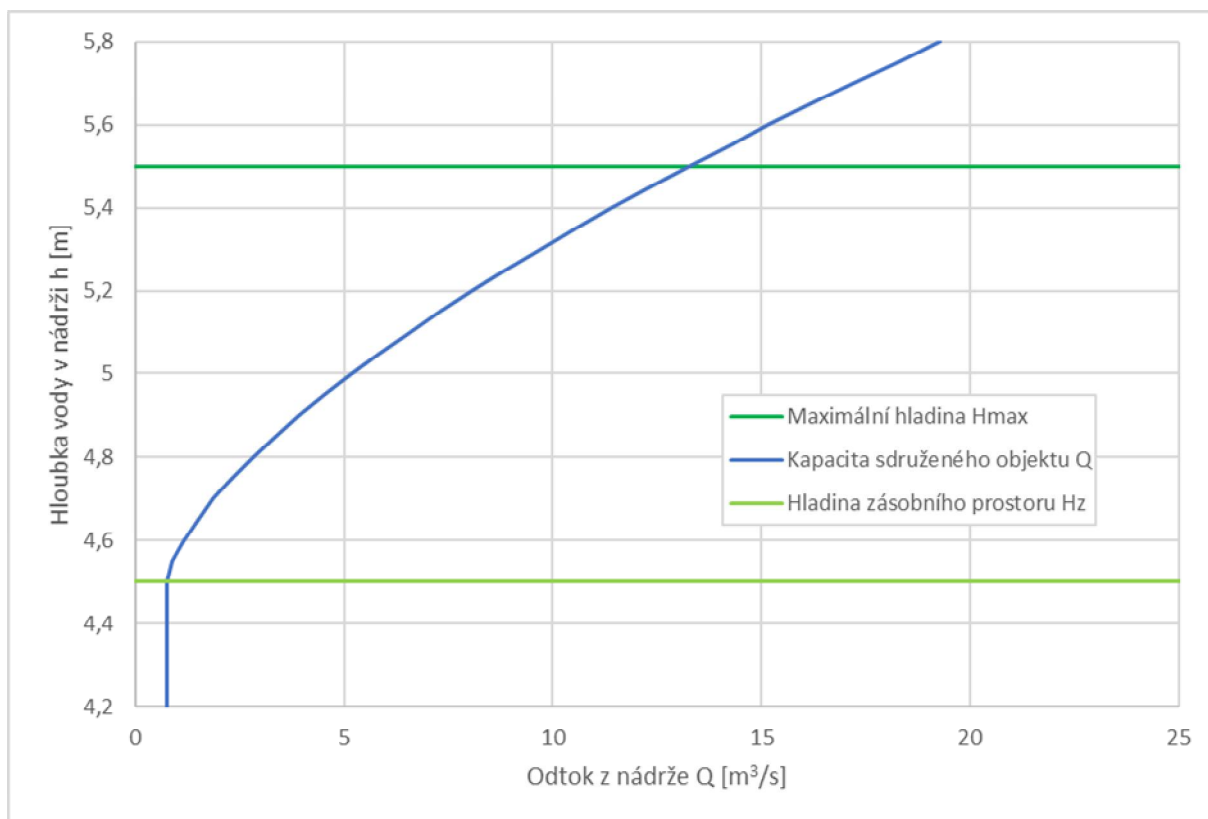
Tato varianta je výhodná vzhledem k minimalizaci rozměrů bezpečnostního přelivu resp. sdruženého objektu. Na šířce přelivu resp. délce přelivné hrany 7,00 m bude při přepadové výšce 1,00 m bezpečně převedena kontrolní povodeň PV 200. Přepadová výška 1,00 m však představuje významnou část celkového objemu nádrže ( $V_r = 45\% V_c$ ).

Manipulační schéma:

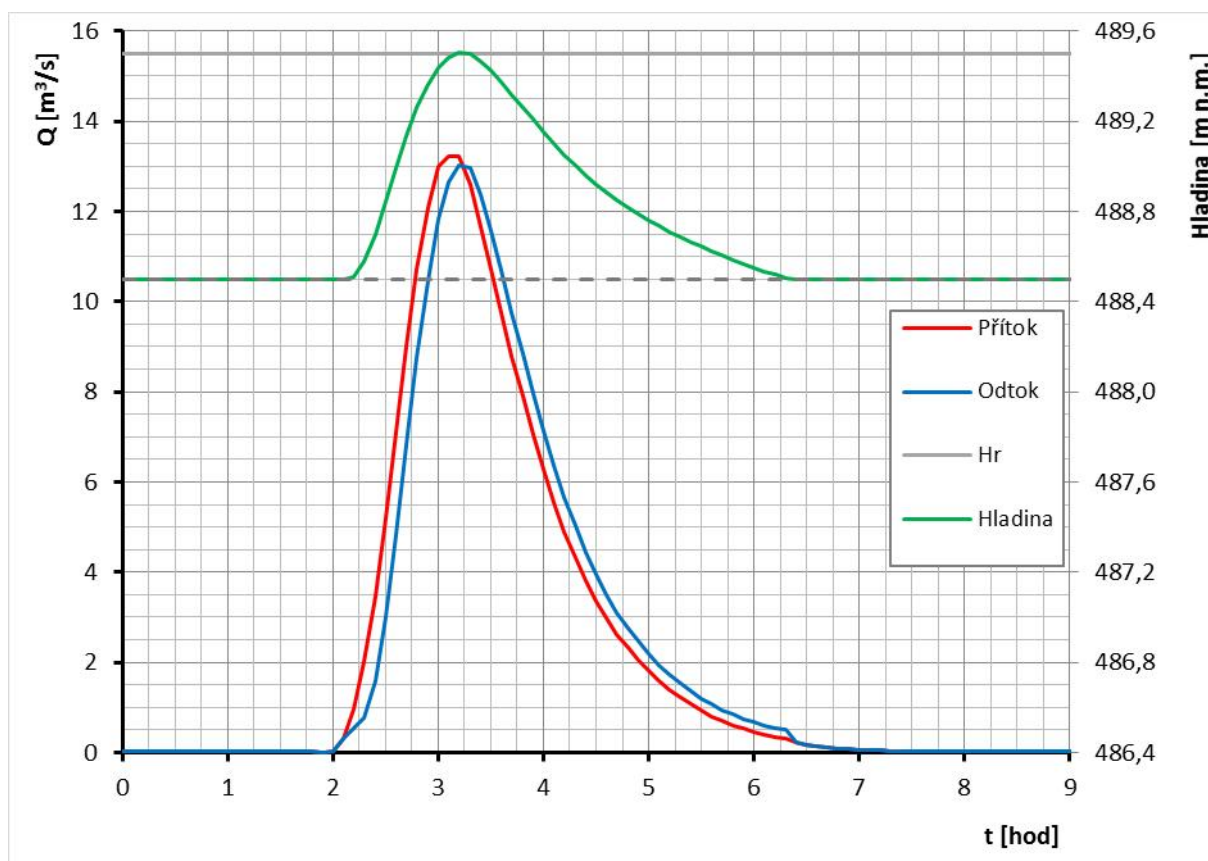
Hladina je udržována na úrovni  $H_z = H_{BP}$ .

Průtok je převáděn výpustním zařízením umožňujícím nastavení hladiny na úroveň koruny BP. Běžné průtoky jsou tak převáděny pouze spodní výpustí.

Při průchodu povodňové vlny PV 200 bude odtok převáděn spodní výpustí a přelivem při přepadové výšce 1,00 m a (dosažení  $H_{MAX} = 489,50$  m n.m.).



Graf 17: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1):



Graf 18: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200:

Výchozí hladina:	$H_{\min} = H_z$	= 488,50 m n.m.
Nejvyšší dosažená hladina:	$H_{\max, PV200} = H_{\max}$	= 489,50 m n.m.
Přítok - kulminace:	$Q_{200}$	= 13,259 m³/s
Odtok – kulminace:	$Q_{\text{odtok, MAX}}$	= 13,072 m³/s

### 5.1.3.3 Varianta 2 - maximalizace objemu nádrže

Kóta koruny BP:	$K_{BP}$	= 489,00 m n.m.
Hladina zásobního prostoru:	$H_z$	= 489,00 m n.m.
Zásobní objem nádrže:	$V_z$	= 9,27 tis. m <sup>3</sup>
Retenční objem nádrže:	$V_r$	= 3,07 tis. m <sup>3</sup>
Šířka BP:	$B$	= 20,00 m
Spodní výpust:	$DN$	= 500 mm

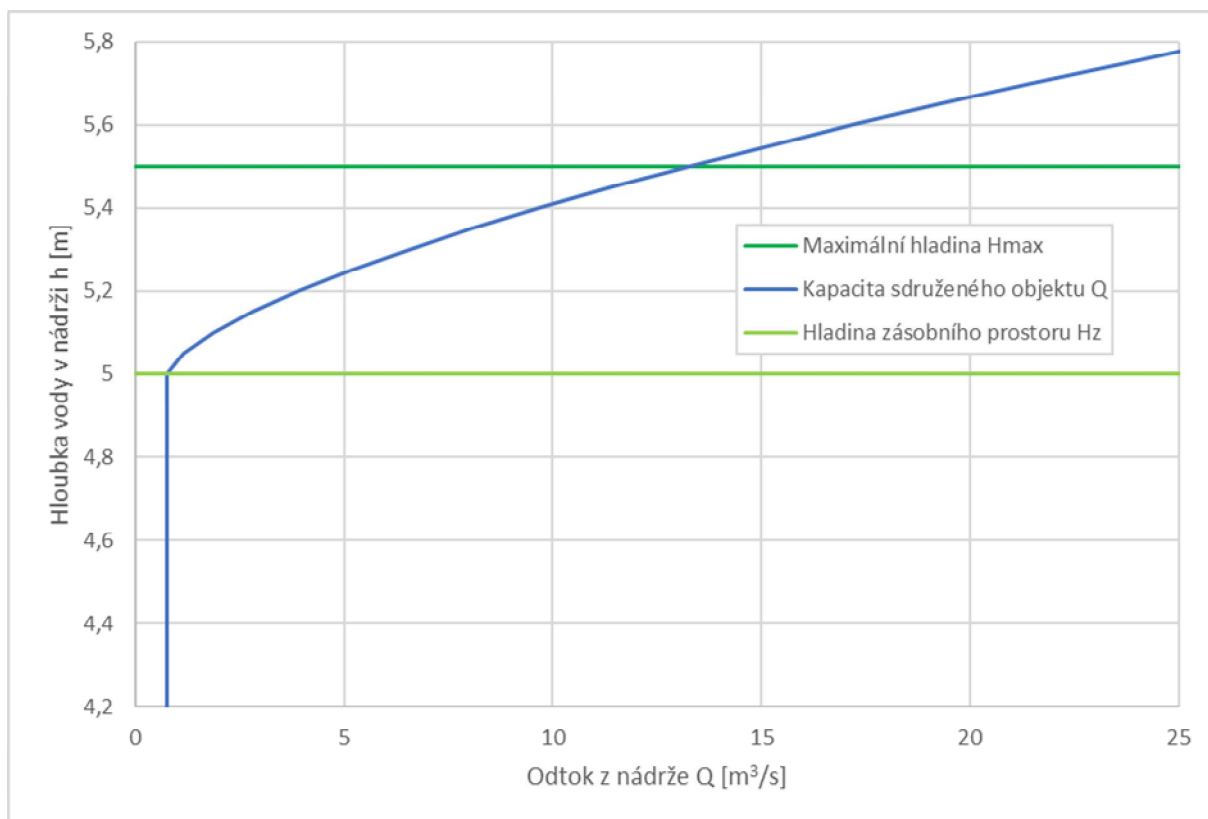
Tato varianta umožňuje použití výrazně větší části celkového objemu nádrže pro zásobní prostor ( $V_z = 75\% V_c$ ). Pro zajištění bezpečnosti vodního díla je však potřeba větší šířka bezpečnostního přelivu (cca trojnásobná oproti variantě 1).

Manipulační schéma:

Hladina je udržována na úrovni  $H_z = H_{BP}$ .

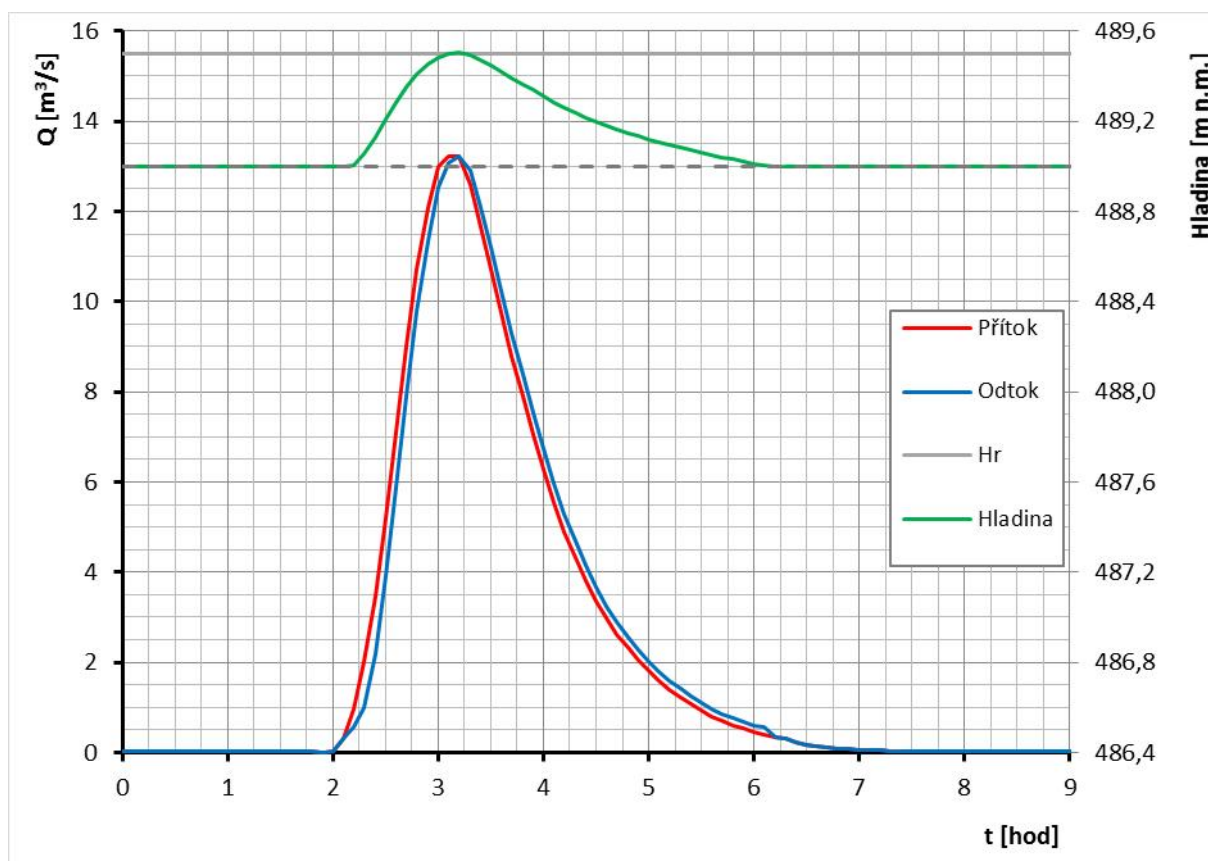
Průtok je převáděn výpustným zařízením umožňujícím nastavení hladiny na úroveň koruny BP. Běžné průtoky jsou tak převáděny pouze spodní výpustí.

Při průchodu povodňové vlny PV 200 bude odtok převáděn spodní výpustí a přelivem při přepadové výšce 0,50 m a (dosažení  $H_{MAX} = 489,50$  m n.m.).



Graf 19: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 2):



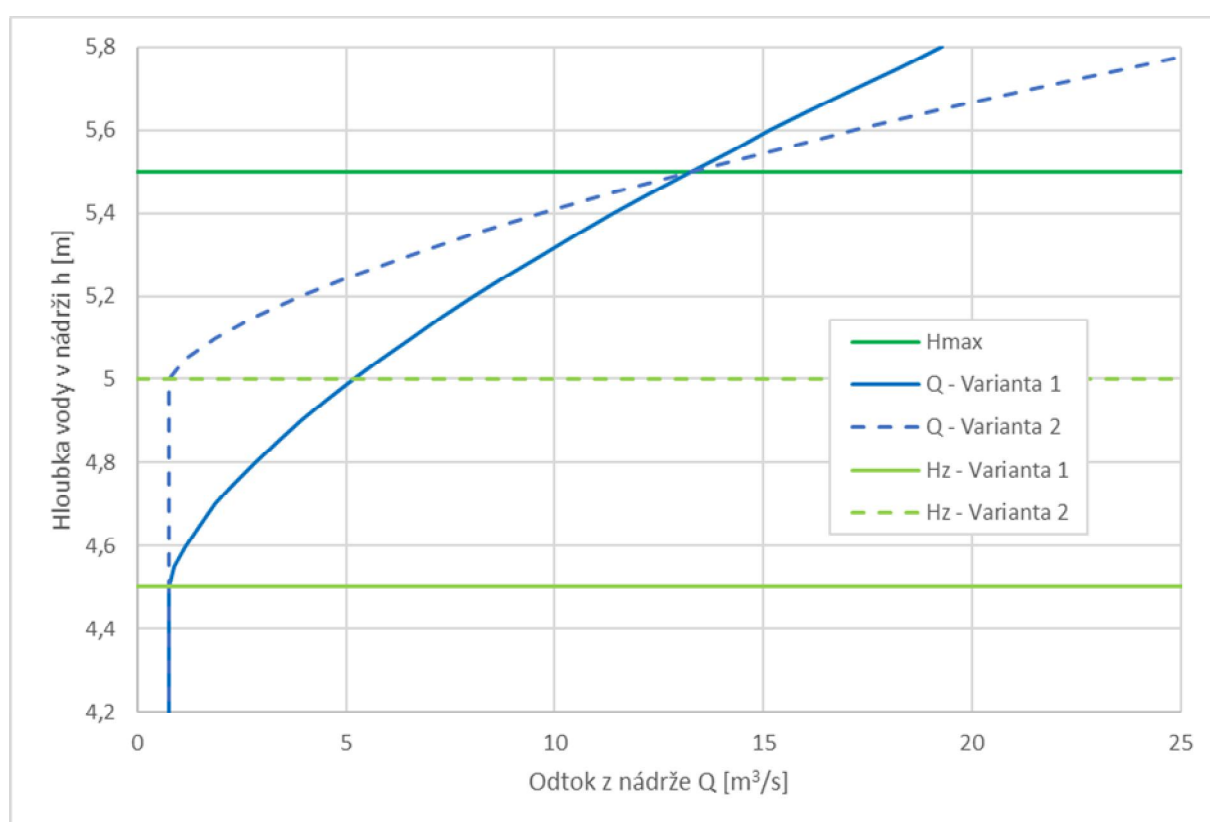


Graf 20: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200:

Výchozí hladina:	$H_{\min} = H_z$	= 489,00 m n.m.
Nejvyšší dosažená hladina:	$H_{\max, PV200} = H_{\max}$	= 489,50 m n.m.
Přítok - kulminace:	$Q_{200}$	= 13,259 m³/s
Odtok – kulminace:	$Q_{\text{odtok, MAX}}$	= 13,224 m³/s

Tab. 8: Porovnání variant:

Varianta	Varianta 1	Varianta 2
Zásobní objem $V_z$ [tis. m <sup>3</sup> ]	6,76	9,27
Retenční objem $V_r$ [tis. m <sup>3</sup> ]	5,58	3,07
Šířka bezpečnostního přelivu $B$ [m]	7,00	20,00
Průměr potrubí spodní výpusti DN [mm]	500	500
Maximální hladina $H_{MAX}$ [m n.m.]	489,50	489,50
Kóta koruny bezpečnostního přelivu $K_{BP}$ [m]	488,50	489,00
Hladina zásobního prostoru $H_z$ [m n.m.]	488,50	489,00
Maximální přítok PV 200 [m <sup>3</sup> /s]	13,26	13,26
Transformovaný odtok PV 200 [m <sup>3</sup> /s]	13,07	13,22



Graf 21: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1, 2):

Porovnány jsou zde dvě varianty využití celkového objemu nádrže a s tím souvisejících dimenzí bezpečnostních objektů. V dalším stupni projektové dokumentace je na základě požadavků investora možné zvolit kombinaci těchto parametrů dle stejného principu.

Plnění nádrže:

Za předpokladu, že hodnota průměrného přítoku do nádrže bude odpovídat dlouhodobému průměrnému průtoku v profilu hráze  $Q_a$  a hodnota odtoku bude odpovídat průtoku  $Q_{330d}$ , bude rychlost plnění nádrže cca 16 l/s resp. 1379 m<sup>3</sup>/den.

Odhad hodnot  $Q_a$  a  $Q_{330d}$  pro profil hráze:

$$Q_i = Q_j \cdot A_i / A_j$$

Profil	Zdroj	Plocha povodí	$Q_a$	$Q_{330d}$
Vlára pod Vysokopolským potokem	ČHMÚ 2016	14,48 km <sup>2</sup>	137 l/s	16 l/s
Hráz DR-MVN-09	odhad	1,91 km <sup>2</sup>	18 l/s	2 l/s

*Poznámka:*

Na základě jednání konaného dne 11. 06. 2018 je tato nádrž dále vedena (v ostatních přílohách této studie) dále jako **retenční (konsolidační) přehrážka DR-TO-13** a výše uvedené řešení bylo zde i přes tuto změnu ponecháno.



## 5.2 Nádrže s celkovým objemem menším než 5000 m<sup>3</sup>

### 5.2.1 Návrh rozměrů objektů vypustných zařízení v závislosti na využití celkového objemu průtočných nádrží

#### 5.2.1.1 Postup návrhu:

- Stanovení kulminačního průtoku kontrolní povodně pro profil konkrétní nádrže (srážkoodtokový model HEC-HMS). Pro uvedené nádrže se jedná o pravděpodobnost opakování  $N = 20$  let;
- Výpočet kapacity vypustného zařízení za předpokladu proudění o volné hladině;
- Nastavení kóty přelivné hrany bezpečnostního přelivu (variantně) a tím vymezení zásobního objemu nádrže;
- Výpočet potřebné délky přelivné hrany na nastavené úrovni.

$Q_{20}$	Kulminační průtok PV 20
$Q_{sv}$	Kapacita trubní vypusti
DN	Profil potrubí spodní vypusti
$H_{hráz}$	Výška hráze
$H_{max}$	Hloubka vody při maximální hladině ( $H_{hráz} - 0.5m$ )
$H_z$	Hloubka zásobního prostoru
$y_{přep}$	Výška přepadu při $Q_{20}$
$B_{BP}$	Šířka bezpečnostního / nouzového přelivu
$V_c$	Celkový objem nádrže
$V_r$	Ochranný prostor
$V_z$	Zásobní objem
$V_z/V_c$	Využití celkového objemu nádrže

Ve výpočtu byl uvažován profil potrubí spodní vypusti DN 300. Při podélném sklonu 4,0 % vychází kapacita 190 l/s, což odpovídá 2% až 18% kulminačního průtoku kontrolní povodně pro jednotlivé nádrže.

Při vymezení ochranného prostoru přepadovou výškou v rozmezí 0,2 - 1,0 m jsou pro jednotlivé nádrže stanoveny hodnoty potřebné délky přelivné hrany bezpečnostního přelivu a příslušné poměry objemů zásobního a celkového objemu.

Nádrž	$Q_{20}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{sv}$ [m <sup>3</sup> /s]	DN [mm]	$H_{hráz}$ [m]	$H_{max}$ [m]	$H_z$ [m]	$y_{přep}$ [m]	$B_{BP}$ [m]	$V_c$ [m <sup>3</sup> ]	$V_r$ [m <sup>3</sup> ]	$V_z$ [m <sup>3</sup> ]	$V_z/V_c$ [%]
DR-MVN-07	10.13	0.19	300	2	1.5	0.8	0.7	12.77	217	184	33	15.2
						0.7	0.8	10.45		195	22	10.2
						0.5	1.0	7.48		209	8	3.7
DR-MVN-08	1.53	0.19	300	2.8	2.3	2.1	0.2	11.26	720	172	548	76.1
						2.0	0.3	6.13		247	473	65.8
						1.9	0.4	3.98		314	406	56.4
LC-MVN-01	4.17	0.19	300	1.4	0.9	0.5	0.4	11.82	3835	3177	658	17.1
						0.4	0.5	8.46		3498	337	8.8
						0.3	0.6	6.43		3693	142	3.7
TCH-TO-08	4.30	0.19	300	4.5	4	3.6	0.4	12.21	812	220	592	72.9
						3.5	0.5	8.74		268	544	67.0
						3.4	0.6	6.65		313	499	61.4
UJ-MVN-03	1.97	0.19	300	1.1	0.6	0.4	0.2	14.97	650	457	193	29.6
						0.3	0.3	8.15		569	81	12.5
						0.2	0.4	5.29		626	24	3.7

Nádrž	Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>sv</sub> [m <sup>3</sup> /s]	DN [mm]	H <sub>hráz</sub> [m]	H <sub>max</sub> [m]	H <sub>z</sub> [m]	y <sub>přep</sub> [m]	B <sub>BP</sub> [m]	V <sub>c</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>r</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>z</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>z</sub> /V <sub>c</sub> [%]
UJ-TO-06	6.74	0.19	300	1.6	1.1	0.7	0.4	19.48	694	515	179	25.8
						0.6	0.5	13.94		581	113	16.2
						0.5	0.6	10.60		629	65	9.4
UJ-MVN-10	1.07	0.19	300	2.4	1.9	1.7	0.2	7.39	198	56	142	71.6
						1.6	0.3	4.02		80	118	59.7
						1.5	0.4	2.61		101	97	49.2
UJ-MVN-11	4.89	0.19	300	3.7	3.2	2.8	0.4	13.98	4212	1390	2822	67.0
						2.7	0.5	10.00		1682	2530	60.1
						2.6	0.6	7.61		1953	2259	53.6
UJ-MVN-12	2.90	0.19	300	2.6	2.1	1.8	0.3	12.42	854	316	538	63.0
						1.7	0.4	8.07		401	453	53.1
						1.6	0.5	5.77		476	378	44.2
VCH-MVN-03	2.54	0.19	300	3.0	2.5	2.2	0.3	10.77	2714	864	1850	68.1
						2.1	0.4	6.99		1105	1609	59.3
						2.0	0.5	5.00		1324	1390	51.2
VK-MVN-08	1.23	0.19	300	5.8	5.3	5.1	0.2	8.74	680	74	606	89.1
						5.0	0.3	4.76		109	571	84.0
						4.9	0.4	3.09		143	537	79.0
VK-MVN-09	9.24	0.19	300	2.3	1.8	1.3	0.5	19.27	1024	638	386	37.7
						1.2	0.6	14.66		721	303	29.6
						1.0	0.8	9.52		848	176	17.1
VK-MVN-10	3.54	0.19	300	3.6	3.1	2.8	0.3	15.34	3273	861	2412	73.7
						2.6	0.5	7.13		1342	1931	59.0
						2.4	0.7	4.30		1754	1519	46.4
VK-MVN-11	1.26	0.19	300	2.7	2.2	2.0	0.2	8.97	10	2	8	75.1
						1.9	0.3	4.88		4	6	64.4
						1.8	0.4	3.17		5	5	54.8
VP-MVN-07	4.90	0.19	300	2.5	2	1.6	0.4	14.00	2392	1167	1225	51.2
						1.5	0.5	10.02		1383	1009	42.2
						1.4	0.6	7.62		1572	820	34.3
VP-TO-08	5.66	0.19	300	2.6	2.1	1.6	0.5	11.64	1124	627	497	44.2
						1.5	0.6	8.86		714	410	36.4
						1.4	0.7	7.03		791	333	29.6

## 6 SEZNAM TABULEK

Tab. 1:	Základní údaje o kulminačních průtocích na hlavních tocích.....	5
Tab. 2:	Porovnání objemů přímého odtoku při stávajícím stavu a při zahrnutí návrhových opatření	22
Tab. 3:	Porovnání objemů přímého odtoku při stávajícím stavu a při zahrnutí návrhových opatření	29
Tab. 4:	Podrobná analýza odtoku ze ZÚ pro návrhový déšť s dobou opakování $N = 100$ let.....	29
Tab. 5:	Porovnání kulminačního průtoku v závěrovém profilu při současném stavu a při zahrnutí návrhových opatření.....	30
Tab. 6:	Porovnání variant DR-MVN-05:.....	35
Tab. 7:	Porovnání variant DR-MVN-09:.....	40
Tab. 8:	Porovnání variant:.....	47

## 7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1:	Odvodněná území (vlevo) a erozní ohrožení orných půd v zájmovém území (výřez s maximálním identifikovaným erozním ohrožením v území).....	5
Obr. 2:	Morfologie území vyjádřená sklonem terénu .....	6
Obr. 3:	Stav hladin podzemní vody v mělkých vrtech (ČHMÚ 2017, 2018).....	7
Obr. 4:	Půdní typy v zájmovém území .....	7
Obr. 5:	Odvodněné plochy a plochy orné půdy v zájmovém území .....	8
Obr. 6:	Plošná odvodnění (červeně označené plochy) a HMZ (žlutě zvýrazněné linie) na původních podkladech (vlevo) a současný stav území (vpravo). Naprostá většina plošných i některá otevřená HMZ nejsou v terénu patrná (s výjimkou výustí). Plošná odvodnění jsou datována 1966, 1977 a 1979, dnes neexistující svodnice z roku 1966 je naposledy patrná na snímcích z roku 2006, svodnice vpravo byla upravena v roce 1979. ....	9
Obr. 7:	Detail k obr. 6 - zaniklá svodnice. V horní části snímku funkční svodnice (bezejmenný levostranný přítok Vlárky pod Benčicí), na povrchu plochého terénu jsou patrné splachy ze svahu (signalizují optimální průběh svodnice) zvýrazněné v důsledku příliš intenzivní pastvy. Vlevo horní tok Vlárky. ....	10
Obr. 8:	Tři plochy odvodnění u obce Vysoké Pole s dobou provádění (shora) 1970, 1991 a 1974. Žádné z odvodňovacích opatření není na snímku viditelné bez ohledu na druh kultury na povrchu)...10	
Obr. 9:	Plochy odvodnění u obce Újezd provedené v roce 1980, bez viditelných projevů odvodňovacích prvků a bez zřetelných rozdílů mezi odvodněnými a neodvodněnými plochami. ....	11
Obr. 10:	Plošné odvodnění mezi obcemi Drnovice a Tichov provedené v roce 1970, bez viditelných projevů odvodňovacích prvků a bez zřetelných rozdílů mezi odvodněnými a neodvodněnými plochami. ....	11
Obr. 11:	Část plochy odvodnění u obce Mirošov z roku 1968 s ojedinělým vizuálním projevem některých prvků (jednotlivé sběrné drény jsou několika místech zřetelně patrné). ....	12
Obr. 12:	Plocha z obr. 11. Na snímcích z let 2017 (vlevo) a 2006 lze demonstrovat vliv hospodaření na viditelnost projevů odvodnění i jejich postupné mizení. ....	12
Obr. 13:	Plocha odvodnění severně od obce Mirošov bez viditelných příznaků odvodňovacích prvků, s náznakem rozdílu mezi odvodněnou a neodvodněnou plochou.....	13
Obr. 14:	Nevhodné pojiždění zemědělských ploch (po spádnicí), levý svah Benčice u Vysokého Pole. ....	15
Obr. 15:	Schéma procesů ovlivňujících podzemní vodu v příbřežní zalesněné zóně (upraveno podle: Coastal Plain Riparian Forests: Their Role In Filtering Agricultural Drainage, Correl, D., Weller, D. 1994) .....	16
Obr. 16:	Původní stav a možný návrh revitalizace otevřeného HMZ (Just a kol., 2003) .....	17



Obr. 17: Schéma integrované ochranné zóny podél toku (© Peter Feuerbach) .....	17
Obr. 18: Výstavba integrované ochranné zóny podél toku, Bölarp (© Seznam.cz, www.basemap.at, OpenStreetMap, 2018).....	18
Obr. 19: Realizace a vývoj integrované ochranné zóny (© Peter Feuerbach, projekt BalticSea 2020) .....	19
Obr. 20: Umístění vzorového území v rámci zájmové oblasti povodí Vlárky.....	20
Obr. 21: Vzorové území s vyznačením lokalit s navrženými přehrázkami.....	21
Obr. 22: Umístění vzorového území v rámci zájmové oblasti povodí Vlárky.....	25
Obr. 23: Vzorové území s vyznačením návrhu zatravněných pásů, dělení na dílčí povodí.....	26
Obr. 24: Vyznačení ploch, z nichž je přímý odtok ovlivněn návrhovými opatřeními.....	28

## 8 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Porovnání objemů přímého odtoku při stávajícím stavu a při zahrnutí návrhových opatření.....	22
Graf 2: Hydrogram odtoku v závěrovém profilu při návrhovém dešti s dobou opakování N = 2 roky ...	23
Graf 3: Hydrogram odtoku v závěrovém profilu při návrhovém dešti s dobou opakování N = 5 let .....	23
Graf 4: Porovnání objemů přímého odtoku při stávajícím stavu a při zahrnutí návrhových opatření.....	29
Graf 5: Hydrogram odtoku ze závěrového profilu při návrhové srážce s dobou opakování N = 100 let...	30
Graf 6: Hydrogram odtoku v profilu nádrže při návrhové srážce s dobou opakování N = 100 a 200 let .....	31
Graf 7: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1): .....	32
Graf 8: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200: .....	33
Graf 9: Měrná křivka sdruženého objektu + nouzového přelivu (Varianta 2): .....	34
Graf 10: Hydrogram odtoku v profilu nádrže při návrhové srážce s dobou opakování N = 200 let.....	36
Graf 11: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1): .....	37
Graf 12: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200: .....	38
Graf 13: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 2): .....	39
Graf 14: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200: .....	40
Graf 15: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1, 2): .....	41
Graf 16: Hydrogram odtoku v profilu nádrže při návrhové srážce s dobou opakování N = 200 let.....	42
Graf 17: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1): .....	43
Graf 18: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200: .....	44
Graf 19: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 2): .....	45
Graf 20: Průběh hladiny v nádrži při průchodu kontrolní povodňové vlny PV 200: .....	46
Graf 21: Měrná křivka sdruženého objektu (Varianta 1, 2): .....	47

RNDr. Dalibor Bílek  
Ing. Adam Formánek  
Ing. Daniel Brázda  
Ing. Michaela Tvrzníková