

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



**Návrh studie protierozních a protipovodňových
opatření v povodí Mřenkového potoka**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Věra Hubáčiková, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Eva Grossová

Brno 2015

Prohlašuji, že jsem diplomovou prací na téma: Návrh studie protierozních a protipovodňových opatření v povodí Mřenkového potoka vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

Podpis:

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří přispěli k napsání této diplomové práce. V první řadě vedoucí diplomové práce Ing. Věře Hubačkové, Ph.D. za odborné vedení a ochotě při zodpovídání veškerých dotazů.

Dále patří díky Ing. Vlastislavu Kolečkářovi z české projektové a inženýrské společnosti AQUA PROCON s.r.o. za výpomoc a cenné rady v programu MOUSE.

V neposlední řadě děkuji rodině a blízkým, kteří mi byli oporou při zhotovení diplomové práce a podporovali mě po celé studium na Mendelově univerzitě v Brně.

ABSTRAKT

Diplomová práce „Návrh studie protierozních a protipovodňových opatření v povodí Mřenkového potoka“ zpracovává na základě terénního průzkumu, získaných informací o zájmovém území návrh studie protierozních opatření v dílčí části povodí. Správně navržená protierozní opatření mají multifunkční účinek. Nejenže omezují smyv půdy, ale zpomalují povrchový odtok a zvyšují retenci vody v krajině.

Součástí literárního přehledu je obecný popis jak protierozní problematiky, tak problematiky protipovodňové, zahrnující představení pojmu eroze, povodeň, jejich příčiny, důsledky a možné způsoby opatření.

V praktické části řešitelka provedla geodetické zaměření trasy toku přes propustek a následně v programu MOUSE dimenzovala nekapacitní propustek pod vozovkou pro N – leté průtoky. Dále pokračovala návrhem technických a agrotechnických opatření v dílčí části povodí na základě výpočtu univerzální rovnice dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí dle Wischmeiera-Smitha. Z výsledných hodnot Wischmeier-Smithovi rovnice byl určen stupeň erozní ohroženosti půdy pro jednotlivé erozně uzavřené celky. Dále byl sestaven osevnický postup pro snížení faktoru ochranného vlivu vegetace a pro snížení vodní eroze a povrchového odtoku byly navrženy protierozní průlehy.

Klíčová slova: retence, eroze půdy, protierozní opatření, propustek, povodí

ABSTRACT

This thesis "Suggestion study of erosion and flood protection measures in the catchment Mřenkového area" processing based on a field survey obtained information on the area of interest a draft study of erosion control measures in the sub-basin. A well-designed anti-erosion measures are multifunctional effect. Not only restrict washes soil, but they slow down surface runoff and increase water retention in the landscape.

Part of the literature review is a general description of how the issue of erosion and flood protection issues, including the introduction of the concept of erosion, floods, their causes, implications and possible ways of action.

In the practical part of the researcher conducted geodetic survey of the flow path through the culvert, and then the program MOUSE suggested noncapacity culvert under the road for N - year flows. Continued technical proposal and agro-technical measures sub-basin Universal soil loss equation long-term water erosion under Wischmeiera-Smith. From the resulting values Wischmeier-Smith equation was determined by the degree of soil erosion risks for individual erosion sealed units. It was also set up crop rotation to reduce the impact factor of protective vegetation to reduce water erosion and surface runoff were designed erosion furrow.

Keywords: retention, soil erosion, erosion control, culvert, catchment

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	CHARAKTERISTIKA VODNÍCH TOKŮ.....	11
3.1.1	Přirozený vývoj říčního koryta	11
3.1.2	Třídění a typologie vodních toků.....	12
3.1.3	Charakteristika malých vodních toků	12
3.1.4	Objektů na malých vodních tocích	13
3.1.4.1	Přepad	13
3.1.4.2	Propustek	13
3.1.4.3	Mosty	13
3.2	ÚPRAVY V POVODÍ	14
3.2.1	Účel úprav toků.....	14
3.2.2	Úpravy bio-technické povahy	15
3.2.3	Technické úpravy v povodí.....	16
3.3	REVITALIZACE TOKŮ.....	17
3.4	EROZE PŮD – pojem, příčiny a druhy eroze.....	17
3.4.1	Eroze	17
3.4.2	Vodní eroze.....	18
3.4.3	Příčiny eroze	19
3.4.4	Důsledky eroze	20
3.5	PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ.....	22
3.5.1	Organizační opatření.....	22
3.5.1.1	Návrh optimálního tvaru a velikosti pozemku	23
3.5.1.2	Delimitace druhu pozemků a ochranné zatravnění a zalesnění	24
3.5.1.3	Protierozní rozmíst'ování plodin.....	24
3.5.1.4	Protierozní osevň postupy	25
3.5.1.5	Pásové střídání plodin.....	25
3.5.2	Agrotechnická opatření.....	26
3.5.2.1	Protierozní technologie pěstování kukuřice a slunečnice.....	26

3.5.2.2	Protierozní technologie pěstování řepky ozimé a obilnin	29
3.5.2.3	Protierozní technologie při pěstování brambor	30
3.5.2.4	Protierozní technologie při pěstování cukrovky	31
3.5.3	Technická protierozní opatření	31
3.5.3.1	Terénní urovnávka	32
3.5.3.2	Protierozní příkop	32
3.5.3.3	Protierozní průleh	33
3.5.3.4	Protierozní mez	33
3.5.3.5	Terasa	34
3.5.3.6	Protierozní cesta	35
3.5.3.7	Protierozní hrázka	35
3.5.3.8	Ochranné (retenční a sedimentační) nádrže	36
3.6	POVODŇ – pojem, příčiny a druhy povodní	37
3.6.1	Povodeň	37
3.6.2	Ochrana před povodněmi	38
3.6.3	Povodňové orgány	39
3.7	PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ	39
3.7.1	Přípravná opatření	40
3.7.1.1	Stanovení záplavových území	40
3.7.1.2	Stupně povodňové aktivity	40
3.7.1.3	Povodňové plány	41
3.7.1.4	Povodňové prohlídky	42
3.7.1.5	Předpovědní a hlasná povodňová služba	42
3.7.2	Opatření v průběhu povodně	43
3.7.2.1	Povodňové záchranné práce	43
3.7.2.2	Povodňové zabezpečovací práce	43
3.7.3	Opatření po povodni	44
4	MATERIÁL A METODY	45
4.1	VSTUPNÍ DATA	45
4.1.1	Univerzální (WISCHMEIER – SMITHOVA) rovnice	45
4.1.2	Technická nivelace	52
4.1.3	Program ArcGIS	52

4.1.4	Program MOUSE.....	53
5	CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ.....	55
5.1	VYMEZENÍ ÚZEMÍ ŘEŠENÉHO VODNÍHO TOKU.....	55
5.1.1	Geomorfologické a geologické poměry.....	56
5.1.2	Pedologické poměry	56
5.1.3	Klimatické poměry	57
5.1.4	Srážkové poměry	57
5.1.5	Hydrologie	57
5.1.5.1	Povodí Jihlava	58
5.1.5.2	Povodí Oslava.....	58
5.1.5.3	Povodí Rokytá	58
5.1.6	Hydrologické poměry	59
6	METODIKA.....	60
6.1	ZPRACOVÁNÍ PODKLADOVÝCH DAT	60
6.1.1	Nivelace trasy toku	60
6.1.2	Dimenzování propustku.....	62
6.1.3	Návrh protierozních opatření	66
6.1.4	Návrh organizačních a agrotechnicko-vegetačních opatření	67
7	VÝSLEDKY.....	69
7.1	NIVELACE TRASY TOKU PŘES PROPUSTEK.....	69
7.2	DIMENZACE PROPUSTKU	70
7.3	PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ.....	76
8	DISKUZE.....	79
9	ZÁVĚR.....	82
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	83
11	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
12	SEZNAM TABULEK.....	87

1 ÚVOD

Krajina byla, je a bude prostředí úzce spjaté s člověkem. Svědčí o každodenním životě, politice země, ale i o úrovni poznání a technickém vývoji. V rámci Evropské unie roste zájem o subvenci agroenvironmentální politiky, obnovu venkovské krajiny nejen jako nástroj obživy, ale především jako prostor pro uspokojování materiálních, společenských a kulturních potřeb. Doposud v naší republice převládá spíše intenzivní produkce a využití nejurodnější zemědělské půdy, i přes velké množství ekostabilizujících programů EU. Vzhledem ke skutečnosti, že se Česká republika vyznačuje vysokým procentem zornění v rámci EU, tak převládají problémy spojené s erozními procesy, zhoršováním jakosti povrchových vod a sníženou biodiverzitou.

Od počátku 90. let minulého století probíhají v ČR programy opatření k obnově venkova a stabilizaci vodního režimu krajiny, který byl obzvláště v minulosti negativně ovlivněn nerozumným využíváním zemědělské krajiny. Docházelo i k devastaci přirozených překážek soustředěného odtoku, luk, mokřadů a rozptýlené zeleně. Působení vodní eroze na zemědělských půdách se nastartovalo převážně v době kolektivizace, rozsáhlým scelováním pozemků do velkých celků, velkoplošným odvodňováním, koncentrací a intenzifikací zemědělské výroby.

Snížení retenční schopnosti krajiny, akcelerace eroze, zvýšení rychlosti odtoku z povodí je následkem specializace rostlinné výroby (pěstování energetických plodin), ztráty organické hmoty v půdě a zhutnění orniční vrstvy. Transportem po povrchu se vodou unášené částice dostanou do vodních útvarů, kde se akumulují spolu s polutanty. Zanáší se retenční prostory a zároveň dochází k degradaci půd vyčerpaných erozí. Snaha o nápravu škod je zdlouhavým procesem, v případě úbytku půdy často procesem nevratným.

Extrémní hydrologické jevy v posledních letech poukazují na důležitost zvýšení pozornosti k problematice protipovodňové a protieroční ochrany na území České republiky.

2 CÍL PRÁCE

Jelikož tato diplomová práce tématicky navazuje na bakalářskou práci, nabízí možnost prohloubení znalostí v oblasti protipovodňové a protierozní ochrany s příležitostí využít získané vědomosti k vlastnímu návrhu opatření proti vodní erozi v dílčí části povodí Mřenkového potoka. V literární rešerši je podrobně popsána problematika eroze a povodně s vhodnými opatřeními. V praktické části bude proveden terénní průzkum se zaměřením na analýzu erozních a povodňových rizik. Na základě pochůzky v terénu bude zpracována studie protierozní a protipovodňové ochrany. Záměrem je návrh agrotechnických a protierozních opatření v povodí. Závěr je věnován shrnutí a vyhodnocení navržených opatření z hlediska protipovodňové a protierozní ochrany.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 CHARAKTERISTIKA VODNÍCH TOKŮ

Odtok srážkové vody po povrchu neprobíhá rovnoměrně ve formě tzv. plošného ronů, ale soustřeďuje se na základě vyčlenění a sklonu zemského reliéfu v místní rýhy, brázdy, stružky, ručeje, bystřiny a potoky, které splývají v říčky, řeky a veletoky vyúsťující do moře. Takto je charakterizovaný původ vodních toků, pro které je typický soustředěný průtok v přirozeně vytvářených korytech různé délky, různého příčného tvaru a podélného profilu. (TLAPÁK, HERÝNEK 2001)

3.1.1 Přirozený vývoj říčního koryta

„Vznik a vývoj vodních toků je výsledkem dlouhodobého historického procesu, v jehož průběhu byl povrch Země, vytvářený tektonickými pohyby zemské kůry, sopečnou činností a zemětřeseními, postupně modelován erozní činností tekoucí vody z dešťů nebo tajících ledovců ve svahy, úlehy a údolí od nejvyšších hor až po hladinu moří. Tímto procesem byl přeměněn původní, náhodně členitý zemský reliéf v navzájem oddělená sběrná území neboli povodí, v nichž odtoky srážkových vod vytvořily a stále zásobují vodou protékající vodní toky. Ty se postupně spojují v říční neboli hydrografické sítě, vyúsťující vždy hlavním tokem do říčních sítí vyššího řádu nebo již přímo do moře.“ (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984)

Zpravidla se vodní tok formuje v údolnici (nejnižší místo údolí jako svodnice stékajících povrchových vod a vody pramenné). Vlivem proudění vody dochází k erozi, tvorbě říčního koryta. V korytě přirozeného vodního toku dochází díky proudění vody k neustálým změnám. Jde o vývoj říčního koryta, který vytváří především změnu trasy toku, rozdělení hlavního proudu, vznik a zánik ostrůvků tvořených naplaveninami, dále změna podélného sklonu a příčného profilu (výmoly v konkáвах, nánosy v konvexách a přímé, aj.). Změny zapříčiněné prouděním vody nazýváme přirozené korytotvorné procesy, které se liší úsekem působení na toku – horním, středním a dolním toku. (KRAVKA a kol., 2009)

Horní tok má velký sklon terénu i dna, vysoké rychlosti proudění a převládá zde dnová eroze. Dno toku se zahlubuje. Prakticky všechn erodovaný materiál se transportuje dále po toku a příčný profil se neustále mění.

Vliv dnové eroze na středním úseku toku postupně ustává, ale výrazně se projevuje eroze boční (břehová). Rozšiřuje se koryto především vymíláním nárazových, konkávních břehů, v obloucích, kde se usazují hrubozrnné sedimenty v konvexách i přímé trati, vznikají štěrkové lavice. Vyvíjí se zde i protisměrné oblouky a vznikají první meandry, snižuje se podélný sklon dna i rychlost proudění. Korytem toku jsou unášeny jemnozrnější částice.

V dolním toku se ukládají sedimenty a rychlost proudění pozvolna klesá. Trasu toku tvoří oblouky s velkým středovým úhlem – meandry. Při velkých povodňových průtocích dochází k výrazným přesunům materiálu a tok si formuje koryto ve vlastních náplavech. Důsledkem náhlé změny trasy dojde k „protržení“ meandrů a vznik přirozeně odstavených meandrů. (KRAVKA a kol., 2009)

3.1.2 Třídění a typologie vodních toků

Vodní toky, jelikož jsou různé povahy, lze třídit z několika hledisek. Podle vzniku rozlišujeme vodní toky přirozené, jejichž koryto je vytvářeno přirozenou činností vody (bystřiny, horské potoky, potoky, řeky, veletoky), nebo umělé, tzv. kanály, které se zakládají pro různý záměr využití vody (kanály zásobovací, plavební, meliorační, energetické, aj.). (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984)

Typy vodních toků se rozlišují podle charakteristických znaků, kterými jsou velikost a vlastnosti povodí, délka toku, podélný sklon a průtokové poměry. Rozdělujeme je na bystřiny, horské potoky, potoky, říčky, řeky a veletoky. (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984)

3.1.3 Charakteristika malých vodních toků

Malý vodní tok, tj. bystřina, horský potok, potok a říčka, se vyznačují specifickými znaky a vlastnostmi, které je odlišují od velkých toků. Charakteristické znaky malých toků, které rovněž působí na jejich vlastnosti, jsou charakter povodí toku, délka toku, podélný sklon dna, průtokový a splaveninový režim. „Povodí malých toků, tj. území, z kterého přitéká srážková voda do koryta toku, je vždy malé nebo menší velikosti, tvarově zaokrouhlené, protáhlé nebo prutovité, u bystřin a horských potoků pahorkaté až horské, u potoků a říček méně sklonité až i rovinné a z hlediska vegetačního krytu zemědělsky obdělávané nebo zalesněné. Je ohraničeno čarou, tzv. rozvodnicí, která

spojuje relativně nejvyšší body povodí o protisměrném sklonu.“ (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984)

Znalost charakteru povodí je důležitá z hlediska vzniku a průběhu srážkového odtoku. Rychle probíhající a velké specifické odtoky se vytvářejí na velikostně malých povodí, poněvadž mohou být zasáhnuty na celé rozloze přívalovými dešti, pro které je typická sice krátká doba trvání, avšak o vysoké srážkové intenzitě. Z tohoto důvodu jsou neupravené malé toky nezřídka příčinou nebezpečných povodní. (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984)

3.1.4 Objektů na malých vodních tocích

3.1.4.1 Přepad

Přepad vody definujeme jako výtok otvorem nahoře otevřeným nebo otvorem, kde hladina nedosahuje k jeho hornímu okraji. Přepad nejčastěji vzniká přehrazením vodního toku s volnou hladinou stěnou postavenou napříč proudem. Voda se před stěnou vzdouvá a po dosažení koruny, tzv. přelivné hrany začne voda horem přepadat. (KRAVKA a kol., 2009)

3.1.4.2 Propustek

Jsou to malé objekty do světlosti 2 m, stálého průřezu a sklonu dna, kterými protéká voda pod silnicí, železnicí a průplavem. Konstrukci propustku nejčastěji tvoří betonová trouba převádějící vodoteč pod násypem komunikace.

V propustcích se rozlišují tři základní průtoková schémata proudění:

- propustky s volnou hladinou,
 - propustky se zatopeným vtokem, u kterých je hladina u vtoku výše než strop propustku, a dále je v propustku volná hladina,
- tlakové propustky, které jsou vyplněné po celé délce vodou. (KRAVKA a kol., 2009)

3.1.4.3 Mosty

Ke křížení komunikací s vodními toky, silnicí a železnicí slouží mosty. Jejich konstrukce obvykle zasahuje do profilu toku. (KRAVKA a kol., 2009)

3.2 ÚPRAVY V POVODÍ

(zpracováno dle KRAVKA a kol., 2009)

Povodňové roky 1997, 2002, 2006, 2010 a 2013 poukázaly na nutnost zamyšlení se nejen nad úpravou vodních toků a budováním údolních nádrží, ale v první řadě nad celkovou problematikou pozdržení vody v krajině.

Současné pojetí úprav vodních toků vychází z nutnosti nikoli vodu co nejrychleji odtransportovat mimo povodí, ale naopak vodu v povodí nanejvýš pozdržet. Výsledným efektem je zvýšení retenční schopnosti krajiny, ke které můžeme zřetelně přispět vhodnými zásahy v nejvyšších částech povodí.

Obdobně ekobiologické úpravy malých vodních toků, jejich revitalizace, ale v první řadě návrh vhodné úpravy může této situaci výrazně napomoci.

Význam úprav malých toků je snížit škodlivost průchodu přívalových vod korytem toku. „Voda, která se dostane do koryta – její celkové množství, ale hlavně rozložení objemu v čase – je výsledkem toho, jak je v povodí srážka transformována do odtoku (srážko-odtokové vztahy).“ Cílem úprav je převést srážkové vody do formy podpovrchového odtoku a minimalizovat odtok povrchový.

3.2.1 Účel úprav toků

Jedním z významných účelů úpravy vodního toku je protipovodňová a protieroční ochrana. Dalším důležitým účelem úpravy toku je nutná stabilizace potočního a bystřinného koryta, získání zemědělské půdy či nových stavebních pozemků, úprava toku pro zajištění vnitrozemské plavby (splavnění toku), z důvodu energetického využití, odběrů vody z toku, aj.

Důvody úprav vodních toků mají v průběhu let odlišné priority. V 19. a 20. století se téměř ve všech vyspělých státech světa budovaly hydrotechnické stavby (průplavy, přehrad, jezové stavby a další). Dále byl a je záměr zvyšovat protipovodňovou bezpečnost (budování hrází, „zkapacitňování“ říčních koryt, aj.). Ke změně dochází v posledních desetiletích, kde je snaha o návrat nevhodně upravených částí vodních toků do stavu blízcímu se stavu přirozenému – tedy snaha o revitalizaci toku.

3.2.2 Úpravy bio-technické povahy

Úpravami bio-technické povahy lze neefektivněji ovlivňovat srážko-odtokové vztahy, mezi které patří úpravy v hospodaření na lesních pozemcích (pěstební a lesomeliorační opatření) a úpravy na zemědělských pozemcích (agrotechnika).

Pěstební a lesomeliorační opatření směřují k podpoře optimálního vývoje hrabanky, respektive její přechod do humusu. Ideální je, když je vrstva nadložního humusu kryta tenkou vrstvou hrabanky, která rychle přechází do humusu. Hrabanka má schopnost udržovat optimální vlhkost vrchních vrstev půdy.

Agrotechnika, použitá na zemědělských pozemcích, hraje významnou roli z hlediska srážko-odtokových vztahů. Zejména navržené a zvolené osevnické postupy, ošetřování kultur a uspořádání pozemků. Půda na zemědělských pozemcích není tak chráněná jak v lese. Kořenový systém zemědělských plodin je menší a hlavně v období, kdy je půda zcela bez této formy ochrany (buď je úplně bez rostlin, nebo rostliny nemají dostatečně vyvinutý kořenový systém).

Trvalé travní porosty nebo víceleté pícniny (jetel, vojtěška apod.) nejlépe chrání půdní povrch, protože u těchto kultur dochází k optimálnímu zasakování, a tudíž mají tyto plochy vyšší podíl podpovrchového odtoku.

Naopak řádkové kultury, zvláště okopaniny (brambory, řepa, kukuřice) vyžadují vysoký podíl agrotechnických zásahů během růstu (řepa, brambory) nebo je jejich kořenový systém mělký (kukuřice). Srážky u této skupiny plodin se soustřeďují hlavně do povrchového odtoku a pozemky jsou ohrožovány erozí, které ještě více napomáhá orba po spádnici a pěstování na svažitéch pozemcích.

Obiloviny (pšenice, žito, ječmen) poměrně rychle po výsevu začínají krýt půdu a mají povrchové a husté kořeny. Obzvláště vhodné jsou ozimy, které se vysévají na podzim a vytvoří dostatečně velkou nadzemní biomasu i dobré prokořenění, jež chrání půdu přes celé zimní období až do jara.

Osevní postupy zabezpečují střídání plodin zejména z důvodu výživy rostlin, ale také napomáhají utvářet odtok. Ovlivnění použitých osevních postupů je velice komplikované, jelikož jde více méně o rozhodnutí zemědělce, který na pozemcích hospodaří.

Dalším významným bio-technickým opatřením je organizace pozemků v povodí, která vychází z jejich potenciálního erozního ohrožení.

V rámci biotechnických patření lze dosáhnout nejvyššího efektu snížením délky svahu a již zmíněnou volbou plodin. Čím větší je nepřerušená délka, tím vyšší je rychlost tekoucí vody a její unášecí síla, tj. schopnost transportovat splaveniny o větším zrnu. Praktickým opatřením je např. rozdělení ohrožených svahů na menší délky zatravnovacími pásy (pásy 2 metry široké umístěné po vrstevnici), remízky a podobně.

3.2.3 Technické úpravy v povodí

V případě, že bio-technická opatření nejsou účinná, nebo že předchozím hospodařením došlo k takovému poškození a nevystačíme pouze s biotechnickými opatřeními, volíme úpravy technické.

Obdobou zatravnovacích pásů a remízků jsou v technických úpravách **průlehy** (mělký příkop o hloubce cca 60 cm s pozvolnými svahy, které jsou osety nebo osázeny keři). Na rozdíl od zatravnovacích pásů se navrhují průlehy v mírném sklonu, aby jimi voda mohla odtékat. Průlehy se musí svádět do sběrných příkopů, které jsou obvykle navrženy s opevněním jako koryta vodních toků.

Terasování je prastarý způsob zmenšení sklonu svahu. Tento typ opatření je v současné době z ekonomického pohledu nerealizovatelný.

Výstavba malých vodních nádrží a suchých poldrů také přispívá k ovlivnění odtokových vztahů. Vhodné je, aby malé vodní nádrže navazovaly na další technická zařízení umístěná v povodí nad nimi, např. již zmíněné průlehy nebo systém sběrných příkopů.

3.3 REVITALIZACE TOKŮ

Revitalizaci lze definovat jako soubor opatření (činností) vedoucích k obnovení nebo nápravě přirozených funkcí (antropogenní činností či jinak) poškozených ekosystémů, společenstev, stanovišť apod. (ŠLEZINGER, 2010)

Revitalizace vodních toků není základním typem úpravy vodního toku, ale následným, mnohdy dlouhodobým procesem směřujícím k obnově říčního ekosystému jako celku. V rámci revitalizace se snažíme maximálně přiblížit takovému stavu dané lokality, který by vznikl samovolným, nenarušeným vývojem v minulosti. (ŠLEZINGER, 2010)

Revitalizace toku by neměla řešit pouze jeden nebo některé problémy. Musí se navrhovat vždy komplexně. Jedná se o komplex vodohospodářských efektů (objem vody v korytě, zvýšení zásoby podzemní vody v údolní nivě, chování koryta za povodňových průtoků, atd.), efektů biologických a krajinářských (migrační prostupnosti, zvýšení biodiverzity, zvýšení zeleně v krajině), užitkových efektů (obnovení ryb v toku), společenských (pobyťová hodnota prostředí, estetický vzhled) a dalších. (VRÁNA, 2004)

Revitalizace toku nespočívá pouze v přírodě blízkých úpravách koryta, ale v celé revitalizaci nivy. Optimální je nicméně revitalizace celého povodí. (VRÁNA, 2004)

Opatření, která posilují přirozený ráz koryt vodních toků a niv, mohou současně přispívat k protipovodňové ochraně. (MÁCHOVÁ, HOVORKA, 2013)

3.4 EROZE PŮD – pojem, příčiny a druhy eroze

3.4.1 Eroze

Eroze půdy (z lat. „erodere“ – rozhlodávat, vytvářet na povrchu duté tvary) je přírodní proces, při kterém dochází k rozrušování povrchu půdy, transportu a sedimentaci půdních částic působením vody, větru, ledu, příp. jiných tzv. erozních činitelů. (JANEČEK a kol., 2002)

Eroze dle Ottova naučného slovníku: Pod tímto jménem geologie a fyzikální geografie zahrnují veškerou rušivou a částečně i tvořivou činnost vody a elementů

meteorologických, pokud se tato vztahuje k utváření povrchu naší země. (kolektiv autorů, 1894)

Zpravidla se rozlišuje eroze normální neboli geologická, kterou nazýváme přirozenou a eroze zrychlená.

Eroze půdy stejně jako eroze hornin nebo koryt vodních toků je v krajině přirozeným procesem. Současná zemědělská půda by nevznikla bez erozní činnosti. Přirozená eroze neustále přetváří reliéf území. Procesy s ní spojené probíhají postupně a jsou z hlediska lidské generace prakticky neznatelné. (kolektiv autorů, 2012)

Vážným problémem současné zemědělské krajiny je zrychlená eroze zemědělské půdy, kdy rychlost odnosu povrchových vrstev půdy je vyšší než rychlost přirozené tvorby půdy z půdotvorného substrátu. Následně dochází ke škodám na pozemcích (ztráta úrodné vrstvy půdy, poškození plodin) i mimo pozemky (zanášení komunikací, tvorba sedimentů ve vodních tocích nebo vodních nádržích). Zrychlená eroze vážně ohrožuje produkční a mimoprodukční funkce půd a vyvolává mnohamilionové škody v intravilánech měst a obcí. Snížení nebo zastavení zrychlené eroze je cílem protierozních opatření v krajině. (SMRČEK, 2011)

Ztráta půdy erozí ze zemědělských i nezemědělských ploch je nejzávažnějším mechanismem degradace půdy a stále se zvyšuje. V České republice je potencionálně ohroženo vodní erozí cca 50 % zemědělské půdy a téměř 10 % větrnou. (kolektiv autorů, 2012)

3.4.2 Vodní eroze

Vodní erozi lze charakterizovat jako proces, při kterém působením energie vody dochází k rozrušování povrchu půdy. Vodní eroze tedy vzniká jako následek intenzivních srážek. V první fázi rozrušují povrch nechráněné půdy kapky deště a rozplavují půdní agregáty. Díky tomu vzniká povrchová vrstva půdy, která snižuje vsakování a voda začne stékat po povrchu. Následkem je odnos materiálu spojený s dalším rozrušováním proudící vodou. (kolektiv autorů, 2012)

Za hlavní činitele vodní eroze jsou považovány: klima, topografie, vegetace, půda a lidský faktor.

3.4.3 Příčiny eroze

(tato kapitola je zpracována dle SMRČEK, 2011)

Zornění zemědělské půdy je v České republice vysoké a zřetelně neklesá. Zornění je podstatným faktorem přispívajícím k vysokému eroznímu ohrožení orné půdy, ale je potřebné vliv tohoto faktoru posuzovat v souvislosti s dalšími faktory (sklonitost a velikost pozemků apod.). Důvodem je, že některá území České republiky byla v minulosti zorněna více než dnes, a přesto intenzita eroze nebyla tak vysoká jako dnes.

Scelování pozemků v minulosti vedlo k nárůstu průměrné velikosti půdních bloků. Rozsah půdních bloků z hlediska erozní ohroženosti je nutno posuzovat s ohledem na další faktory (sklonitost pozemku, vlastnosti půdy apod.).

K **odstraňování krajinných prvků** docházelo v souvislosti se scelováním pozemků. Krajinné prvky měly často i protierozní význam. Protierozní meze, stromořadí v krajině a polní cesty představovaly přirozené překážky soustředěného odtoku vody z pozemků a podporovaly infiltraci vody na zemědělské půdy.

Hospodaření na pronajaté půdě představuje určitou bariéru pro realizaci protierozních opatření organizačního charakteru (např. zatravnění) nebo biotechnického (protierozní meze a další).

Pokles stavu hospodářských zvířat v posledních desetiletí má velmi negativní jev z pohledu obsahu organické hmoty v půdě. Stav hospodářských zvířat klesají důsledkem zvyšujících se počtů zemědělských podniků hospodařících bez živočišné výroby, nebo že část travních porostů již neslouží ke krmení zvířat.

Změny v osevních plochách pěstovaných plodin rovněž přispívá k nárůstu erozní ohroženosti půd. Zvýšení ploch kukuřice na jedné straně a pokles víceletých píceň na orné půdě na straně druhé jsou skutečnosti, které se nepříznivě projevují v ochranném vlivu vegetace. Také absence osevních postupů a snížení druhové diverzity zemědělských plodin přispívá k nárůstu erozní ohroženosti.

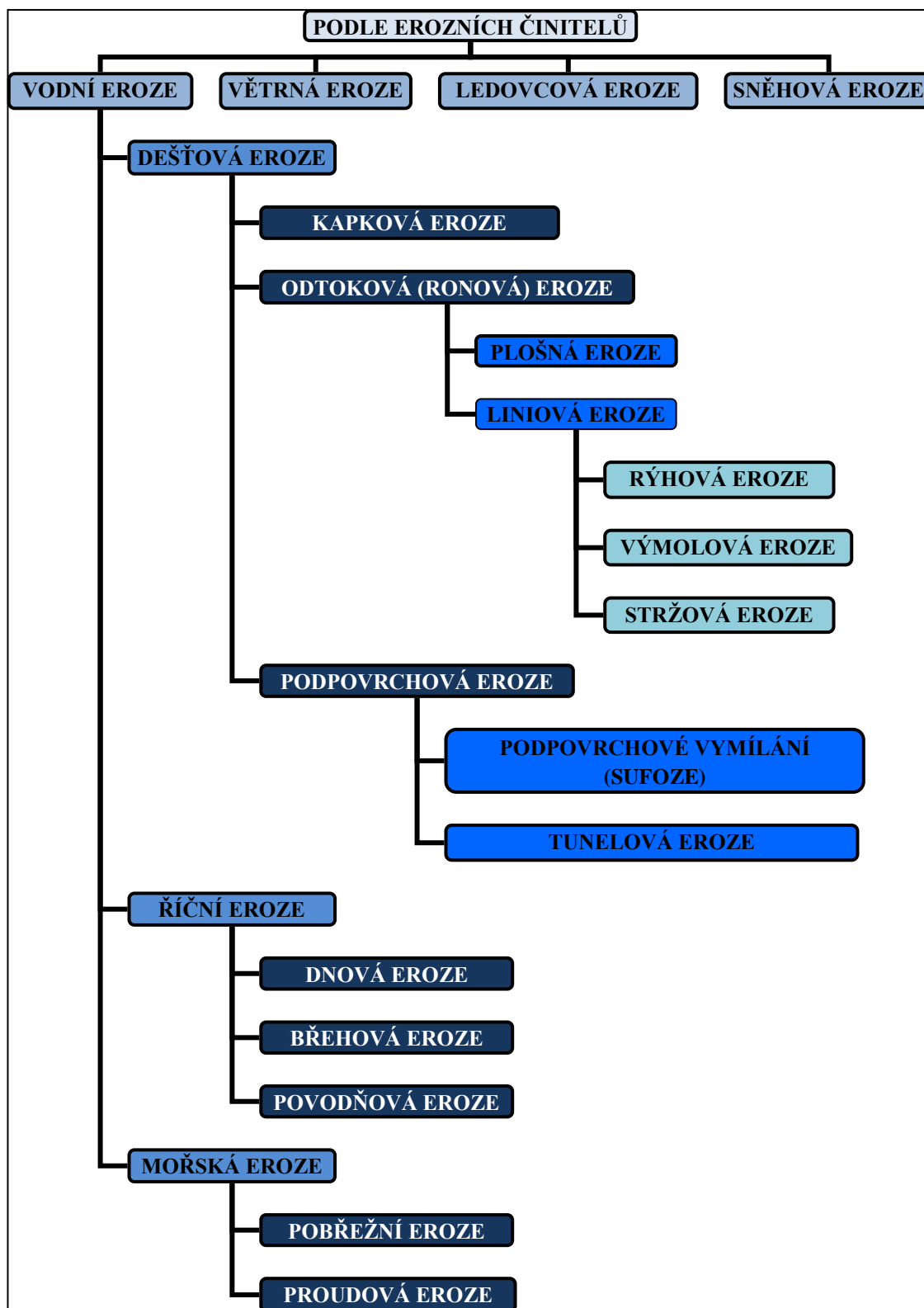
Změny ve využití krajiny (land use) především v podobě záborů půdy pro stavební účely jsou nezvratným procesem v krajině, kdy dochází k omezení nebo ztráty funkci půdy. Tyto změny se podílejí i na změnách mikroklimatu, odtokových a teplotních poměrech, které následně jsou v podobě zvýšeného výskytu přívalových srážek jednou z příčin ohrožení půd erozí v České republice.

Nevhodná agrotechnika plodin (pěstování širokořádkových plodin bez použití půdo-ochranných technologií) nebo **jejich rozmístění na pozemcích** (pěstování na svažitých a velkých pozemcích) vede mnohdy k nadměrné erozi půdy.

Klimatické změny hovoří o určité rozkolísanosti počasí a zvýšeném množství případů výskytu přívalových srážek a bleskových povodní.

3.4.4 Důsledky eroze

Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Navíc transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulární prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin. Velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků a podobně. (JANEČEK a kol., 2012)



Obrázek 1: Schéma dělení eroze (zdroj: autorka, 2015)

3.5 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

Protierozní ochrana území, půdy a vody spočívá v komplexu vzájemně se doplňujících organizačních, agrotechnických a technických opatření. Jejich cílem je chránit půdu před účinky dopadajících dešťových kapek, podporovat však vody do půdy, zlepšovat soudržnost půdy a její strukturu, omezovat unášecí sílu vody a soustředěného povrchového odtoku, neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu. O použití jednotlivých způsobů ochrany rozhoduje jejich účinnost, jak z hlediska snížení ztráty půdy na pozemku (zachování půdní úrodnosti), tak z pohledu ochrany objektů (vodních zdrojů, toků a nádrží, intravilánů obcí apod.). Důležité je rovněž respektovat zájmy vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody a životního prostředí a tvorby krajiny. Hlavní zásadou protierozní ochrany je pěstování na sklonitých a erozí ohrožených pozemcích takové kultury a porosty, které mají vysoký protierozní ochranný účinek. V době nejčastějšího výskytu přívalových dešťů (od května do září) by neměla erozí ohrožená půda nechána po delší dobu bez dostatečného vegetačního pokryvu nebo posklizňových zbytků. Některá protierozní opatření (mulčování, zelené hnojení, zaorávání luskovin, aplikace organických hnojiv), jejichž cílem je zvýšení obsahu posklizňových zbytků a organické hmoty v půdě, a na jejím povrchu mohou mít paradoxně za následek zintenzivněné vyplavování dusičnanů. Proto je nutné vždy zvažovat nejen protierozní účinek, ale i ostatní účinky navrhovaných opatření. (SOUKUP, 2006)

3.5.1 Organizační opatření

Jedná se o opatření, která zpravidla nejsou nákladná. Základem organizačních protierozních opatření je situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, zvolení přijatelné velikosti tvaru pozemku a vymezení parcel vhodných ke změně druhů pozemků. (JANEČEK a kol., 2012)

Podstata opatření spočívá v pěstování plodin s vysokým protierozním ochranným účinkem (např. travní porosty, jeteloviny) na sklonitějších a erozně ohrožených pozemcích. Naopak plodiny s nízkým protierozním účinkem (okopaniny, kukuřice a ostatní širokořádkové plodiny) je možno pěstovat na pozemcích nebo částech velkých pozemků méně sklonitých a méně ohrožených vodní erozí. (SOUKUP, 2006)

Opatření organizační jsou navrhována v součinnosti s ostatními protierozními opatřeními a předpokládají dobrou spolupráci a zainteresovanost hospodařících subjektů.

Zásahy organizačního charakteru vycházejí hlavně ze znalosti příčin vzniku erozních jevů a zákonitostí jejich rozvoje a vyúsťují v obecné protierozní zásady:

- včasný termín výsevu plodin,
- výsev víceletých pícnin do krycí plodiny,
- posun podmítky do období s nižším výskytem přivalových dešťů, tzn. na září
- zařazování bezorebně setých meziplodin,
- rozmístění plodin podle ohroženosti pozemku.

Důležitou roli v protierozní ochraně půdy má vegetační pokryv, který

- chrání půdu před přímým dopadem kapek,
- podporuje však dešťové vody do půdy,
- kořenovým systémem zvyšuje soudržnost půdy, která se tak stává odolnější vůči účinkům stékající vody.

Podle těchto vlastností, které se různí dle typu plodiny, lze vybrat organizační opatření s protierozním účinkem. (JANEČEK a kol., 2012)

3.5.1.1 Návrh optimálního tvaru a velikosti pozemku

Situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic zároveň stimuluje k obdělávání po vrstevnici a současně zkracuje délku ve směru odtoku. Rovněž je žádoucí, aby tato délka pozemku ve směru odtoku (odtokových linií) nepřekračovala maximální přípustnou délku, respektive aby i délka odtokové linie procházející přes více půdních bloků (bez účinného přerušení odtoku mezi nimi) nepřekračovala maximální přípustnou délku. (NOVOTNÝ, 2014)

Při novém návrhu uspořádání pozemků je nutné přihlížet i k dalším okolnostem, jako je homogennost půdních vlastností, mechanizační přístupnost apod. V projektování pozemkových úprav se musí optimálním způsobem spojit protierozní, vodohospodářské, dopravní a vegetační linie, které tvoří kostru systému v krajině. V koncepci takové kostry, kde z hlediska protierozní ochrany je rozhodující dodržení přípustných délek svahu, je potom možné vytvářet pozemky vyhovující jejich vlastníkům (uživatelům) a při tom vzít v úvahu i zásady zaručující efektivní využívání

zemědělských strojů. Dodržet nejvhodnější obecnou velikost a tvar pozemku je poměrně obtížné, protože v každém konkrétním případě bude výsledkem zohlednění místních geografickým poměrů spolu s požadavky na přístupnost pozemků a způsob hospodaření na půdě. Obecným doporučením je vytváření půdních bloků o velikosti max. do 50 ha v rovinných územích a max. 20 ha ve členitějších územích s převažujícími délkami ve směru vrstevnic. (JANEČEK a kol., 2012)

3.5.1.2 Delimitace druhu pozemků a ochranné zatravnění a zalesnění

Delimitace kultur se chápe jako prostorová a funkční optimalizace využití pozemku sloužící k pěstování jednotlivých kultur. Představuje členění kultur v rámci organizace zemědělského půdního fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice. (JANEČEK a kol., 2012)

Ochranné zatravnění se aplikuje na orné půdě větších sklonů a na pozemcích, které jsou z hlediska ztrát půdy erozí nevyužitelné jako ornou půdu. Nejlepší protierozní ochranou je optimálně zapojený travní porost. Pro kvalitní vegetační kryt jsou preferovány výběžkaté trávy tvořící pevný drn (zejména u protierozních opatření liniového charakteru). (JANEČEK a kol., 2012)

Trvalé travní porosty se využívají k ochraně ploch:

- podél břehů vodních toků a nádrží (buffer zóny),
- v drahách soustředěného povrchového odtoku,
- profily průlehů a těles ochranných hrázek.

Ochranné zalesnění se nejčastěji používá ve dvojí formě a to jako plošné zalesnění a ochranné lesní pásy. Dobře zapojený les (především smíšený les) s bohatým bylinným patrem a s půdou krytou vrstvou hrabanky zajišťuje vysokou protierozní ochranu. (JANEČEK a kol., 2012)

3.5.1.3 Protierozní rozmíst'ování plodin

Návrh vhodného umístění pěstovaných plodin spočívá především v preferenci pěstování erozně nebezpečných plodin (okopanin, kukuřice a ostatních širokořádkových plodin) na neohrožených nebo jen mírně ohrožených pozemcích. (NOVOTNÝ, 2014)

Nedostatečný ochranný účinek širokořádkových plodin je nezbytné na orné půdě, která je středně erozí ohrožená, chránit střídáním vrstevnicových pásů okopanin a víceletých pícnin. Naopak obilninami je možné osévat celé pozemky. (JANEČEK a kol., 2012)

Protierozní rozmístění plodin na svazích patří k obecným zásadám ochrany půdy. Při tradičním pěstování lze na základě protierozní účinnosti jednotlivé plodiny seřadit od nejvyšší po nejnižší účinnosti v pořadí: travní porosty – jetel – vojtěška – obilnina ozimá – obilnina jarní – hrách – řepka ozimá – plodiny okopaninového charakteru (slunečnice, brambory, cukrovka, kukuřice). (PODHRÁZSKÁ, DUFKOVÁ, 2005)

3.5.1.4 Protierozní osevní postupy

Protierozní osevní postup je nezbytným řešením na erozně ohrožených pozemcích, kde neleže z organizačních a technologických důvodů uplatnit jiný způsob rozmístování protierozních plodin. Protierozní uspořádání pozemků a plodin v osevních postupech využívá hlavně protierozně ochranných účinků plodin. Jde o opatření organizační, nenákladná, upravující zejména organizaci a strukturu plodin. (SMRČEK, 2011)

Protierozní osevní postupy se navrhují na silně svažitéch pozemcích ve velmi sklonitém, vertikálně a horizontálně vícesměrně členitém území, kde není možné provádět pracovní operace napříč svahem nebo v případech nepříznivého tvaru a zhoršení přístupnosti pozemku, jakož i v případech erozního ohrožení vodních zdrojů. (PODHRÁZSKÁ, DUFKOVÁ, 2005)

3.5.1.5 Pásové střídání plodin

U pásového střídání plodin se střídají různě široké pásy plodin erozně nebezpečných (brambory, kukuřice, slunečnice a další širokořádkové plodiny) a plodin s vyšším protierozním účinkem (jetel, vojtěška, ozimá obilnina, hrách, řepka ozimá, případně i travní porost). Pásy by měly být vedeny ve směru vrstevnic s max. odklonem do 30° a šířka pásů se doporučuje od 20 do 40 m (dle sklonu pozemku). Návrhem parametrů pásového střídání plodin pro určitý pozemek lze dosáhnout až 100% ochranného účinku. (NOVOTNÝ, 2014)

3.5.2 Agrotechnická opatření

Protierozní agrotechnická opatření jsou prováděna v rámci vymezeném opatřeními organizačního charakteru. Jejich účel spočívá ve zvýšení vsakovací schopnosti půdy, snižují její erodovatelnost a chrání půdní povrch v období největšího výskytu přívalových srážek (červen - srpen), kdy zejména širokořádkové plodiny (kukuřice, brambory, cukrová řepa, slunečnice apod.) svým vzrůstem a zapojením nedostatečně kryjí půdu. (NOVOTNÝ, 2014)

Podle stupně ochrany povrchu půdy před vodní erozí můžeme rozdělit pěstované plodiny do tří skupin:

- plodiny s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetace (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny),
- plodiny s dobrou protierozní ochranou půdy po větší část vegetačního období (úzkoroádkové obiloviny, zejména ozimé, meziplodiny, luskoviny),
- plodiny s nedostatečnou protierozní ochranou půdy po převážnou část vegetačního období (širokořádkové obiloviny – kukuřice, brambory, cukrová řepa, zelenina).

Důležité je upozornit na nevhodné použití kukuřice v minulosti, které vedlo k velkým erozním škodám a ve většině případech je tomu i dnes. (SOUKUP, 2006)

3.5.2.1 Protierozní technologie pěstování kukuřice a slunečnice

Při pěstování širokořádkových plodin (kukuřice a slunečnice) je nutné na pozemcích ohrožených erozí upustit od konvenčních (tradičních) způsobů přípravy půdy a jejich výsevu, ale snažit se uplatňovat technologie ochranného obdělávání s maximálním využitím meziplodin a posklizňových zbytků. (JANEČEK a kol., 2012)

Uplatnění meziplodin při pěstování kukuřice a slunečnice

Zahrnutí meziplodin do osevních postupů a ponechání rostlinných zbytků mulče na povrchu půdy výrazně zvyšuje ochranu půdy proti erozi, zlepšuje půdní strukturu, zvyšuje druhovou pestrost pěstovaných plodin, ozdravuje osevní postup, zajišťuje přísun organické hmoty do půdy, zadržuje mobilní živiny (dusík, vápník), omezuje zaplevelení v meziorostním období a omezuje i výpar, zlepšuje infiltraci, zvyšuje vlhkost a omezuje vznik půdní krusty. (JANEČEK a kol., 2012)

Půdoochranné technologie založené na setí plodin do mulče (nastýlá) spočívají v uchování co největšího množství posklizňových zbytků na povrchu půdy. Setí do mulče je možno provést těmito způsoby:

- setí do mulče z meziplodin,
- setí do slámy předplodiny,
- výsevem do ochranné podplodiny. (JANEČEK a kol., 2012)

A) Technologie přímého setí kukuřice a slunečnice do přezimující a vymrzající meziplodiny

Nadzemní rostlinná hmota meziplodiny po přemrznutí nejen chrání půdu před erozí, ale poutá i živiny a zabraňuje jejich vyplavování.

Technologie se vyznačuje vysokou protierozní účinností, ale je vhodná pouze pro půdy s dobrou strukturou, půdy nezhutnělé a snadno zpracovatelné. Na přelomu srpna a září se půda zpracovává kypřením nebo orbou, vhodné je i zaorání organických hnojiv (chlévký hnůj). Bezprostředně na to následuje výsev meziplodiny. Při zpracování půdy, kdy je použita pouze podmítka, je možné spojit podmítka se zasetím meziplodiny. (JANEČEK a kol., 2012)

Během zimy vymrzající meziplodina (např. hořčice bílá, svazenka vratičolistá atd.) odumře a na jaře se do půdy pokryté mulčem vzniklým z porostu meziplodiny vysévá kukuřice nebo slunečnice. V období před setím je dobré aplikovat ekologicky přijatelné herbicidy, které slouží nejen k potlačení plevelů, ale i k umrtvení meziplodiny v případě, že nedošlo k jejímu úplnému přemrznutí. (JANEČEK a kol., 2012)

B) Technologie setí kukuřice a slunečnice do celoplošně zkypřeného strniště po přezimující nebo vymrzlé meziplodině

Tuto technologii je možné použít i na půdách s horší strukturou. Na konci léta se půda zpracovává kypřením nebo orbou, vhodné je zaorání organických hnojiv. Potom následuje výsev meziplodiny. Pokud je využita pouze podmítka, je vhodné spojit podmítka se zasetím meziplodiny. V průběhu zimy meziplodina odumře. Jestliže se tak nestane, je nutné k její likvidaci použít herbicid. Na jaře se realizuje celoplošné zpracování půdy kypřením a bezprostředně následuje setí kukuřice/slunečnice. Výsev kukuřice nebo slunečnice do přemrzlé meziplodiny po prokypření povrchové vrstvy půdy, sníží zčásti protierozní účinek meziplodiny. (JANEČEK a kol., 2012)

C) Technologie přímého setí kukuřice/slunečnice do mulče z rostlinných zbytků předplodiny

Podstata technologie spočívá v setí do posklizňových zbytků předplodiny, které jsou ponechány na povrchu půdy. Na podzim se půda obvykle nezpracovává. Na jaře probíhá setí plodin do nezpracované půdy. Následkem, že tato technologie je bez zpracování půdy, je nutné počítat s odstraněním plevelných rostlin použitím herbicidů. (JANEČEK a kol., 2012)

D) Setí společně s ochrannou podplodinou (setí s podsevem)

Tato technologie spočívá v setí kukuřice na meziřádkovou vzdálenost 75 cm do půdy, která je tradičně zpracovaná s ochrannou podplodinou např. ozimým žitem v meziřadí. Ozimé žito se vyseje z jara do každého druhého meziřadí kukuřice a neprojde stádiem jarovizace ani nemetá. Nevýhodou tohoto opatření je nízká protierozní ochrana měsíců od zasetí. Účinnost lze zvýšit výsevem předplodiny do strniště s předkypřením. Ošetření proti plevelům musí být provedeno později než obvykle, aby se pruhy a řádky obilniny dostatečně uplatnily a plnily protierozní účinek. (JANEČEK a kol., 2012)

Vývojový trend: Koncem léta/na podzim se kypří pouze pruhy v místech budoucích řádků plodiny, mezi prokypřenými pruhy zůstává půda bez zpracování. Pro vyšší protierozní účinek je účelné, aby v neprokypřeném meziřadí zůstal mulč nebo strniště. (JANEČEK a kol., 2012)

Uplatnění obilných pásů při pěstování kukuřice a slunečnice

Na pozemcích ohrožených erozí tradičním pěstováním širokořádkových plodin, lze zajistit nejjednodušší protierozní ochranu zasetím obilných pásů po vrstevnicích. Toto opatření chrání jen v případě slabšího erozního ohrožení a je pro něj vhodný ozimý ječmen (na jaře nemetá a nekonkuruje kukuřici). Pruhy se zasévají s odstupem 20 až 40 m od sebe podle stupně ohrožení pozemku erozí. Setí obilných pásů znamená sice určité vícenáklady, ale pro zemědělskou praxi je to nenáročná záležitost a po technické stránce jednoduché opatření. (JANEČEK a kol., 2012)

Při všech způsobech obdělávání by měla být dodržena zásada provádění agrotechnických operací vždy ve směru vrstevnic, nanejvýše s malým odklonem od směru, pokud to sklon pozemků dovolí. (JANEČEK a kol., 2012)

3.5.2.2 Protierozní technologie pěstování řepky ozimé a obilnin

Protierozní opatření při pěstování řepky ozimé jsou zapotřebí zvláště při tradičním zpracování půdy v období před zasetím. Zvláště při zpracování ozimé řepky v době přípravy půdy, může docházet při přivalových deštích k erozním škodám. Jedním ze způsobů protierozní ochrany půdy je setí ozimé řepky do mulče. Při zakládání porostů ozimé řepky se také využívá mělká podmítka, kdy nejčastější předplodinou je obilnina (pšenice). Předpokladem je kvalifikované usměrňování plevelů a vzešlého výdrolu předplodiny herbicidy v porostu řepky. (JANEČEK a kol., 2012)

A) Setí ozimé obilniny po obilnině nebo řepce s využitím mělké podmítky

Přestože řadíme obilniny (zvláště ozimé) do skupiny plodin s dobrou protierozní ochranou, je při vyšší ohroženosti pozemku (vyšší sklonitost, délka svahu apod.) účelné použít technologii s mělkým zpracováním půdy, při které je na povrchu půdy ponecháno maximum rostlinných zbytků předplodiny. Pro docílení ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy, která je zpracována mělkou podmítkou, se používají kypřiče s podřezávacími šípovými radličkami. Rostlinné zbytky nejsou promíseny se zeminou a zůstávají na povrchu půdy. Co nejdříve po sklizni předplodiny se uskuteční podmítka, aby se vytvořily podmínky pro vzejití výdrolu předplodiny a semen plevelů. Mnohdy se využívá opakované mělké kypření půdy před setím. (JANEČEK a kol., 2012)

B) Zvýšení protierozního účinku pracovních postupů

Zakládání porostů ozimých obilnin po řepce nebo po obilninách a ozimé řepky po obilnině lze protierozní účinek zvýšit rozdrčením slámy předplodiny a jejím rovnoměrným rozprostřením po povrchu pozemku (sláma nesmí zůstat v pruzích). Je nutné dbát na to, aby sláma byla v minimální míře zapravena do půdy. Sláma slouží po zasetí k ochraně půdy před nepříznivými účinky intenzivních srážek na půdu. (JANEČEK a kol., 2012)

C) Setí jarních obilnin a luskovin po obilnině nebo řepce bez orby s využitím strniskové meziplodiny

Zkrátit období, ve kterém je půda bez vegetačního pokryvu, lze při využití podmítky bezprostředně po sklizni předplodiny a založením porostu meziplodiny. Zvýšení

protierozního efektu je možné použitím kypřiče, který ponechává většinu posklizňových zbytků na povrchu půdy; využití podrcené a rozptýlené slámy předplodiny na povrchu půdy. (JANEČEK a kol., 2012)

Výhodným řešením je zasetí meziplodiny současně s podmínkou. Na jaře před setím hlavní plodiny je zpravidla nutné aplikovat neselektivní herbicid k potlačení plevelů, vzešlého výdrolu předplodiny, případně k umrtvení rostlin meziplodiny, pokud neodumřely všechny vlivem mrazu. (JANEČEK a kol., 2012)

3.5.2.3 Protierozní technologie při pěstování brambor

Působení eroze při pěstování brambor lze snížit nahrazením orby kypřením, čímž se zajistí dostatečné množství rostlinného materiálu na povrchu půdy a na jaře se do zkypřeného mulče sázejí brambory. U uvedeného postupu se doporučuje alespoň jedenkrát za 4 až 5 let zpracovat půdu orbou a aplikovat ho na svahy o sklonu nejvýše do 5%. (JANEČEK a kol., 2012)

A) Mulčování slámou

Mulčování slámou se využívá po obilní předplodině. Mulč kryje pozemek přes zimní období a zabraňuje jarní erozi. Podle množství slámy se aplikuje z jara kvalitní kejda a minerální dusík. Půda se před výsadbou zpracovává kypřením. Další možností je výsadba brambor po zkyplení půdy s porostem žita. Ve srovnání s tradičním pěstováním, má sázení brambor do meziplodiny zaseté na podzim, dobrý protierozní účinek. (JANEČEK a kol., 2012)

B) Sázení brambor do zaoraného jetele

Jetel jako předplodina je z protierozního hlediska velmi prospěšný. Zbytky organické hmoty vytváří příznivou strukturu půdy, která se odráží ve snížení půdních ztrát.

C) Hrázkování meziřadí brambor

Hrázkování meziřadí snižuje možnost vzniku povrchového odtoku vytvořením akumulčních prostorů pro zachycení odtékající vody přímo na pozemku. Hrázkování meziřadí se provádí bezprostředně po výsadbě speciálním strojem – hrázkovačem. Nahrnuté hrázky mohou zadržet odtok vody z dešťů o úhrnech 25 – 35 mm. Hrázkování se osvědčilo na pozemcích s maximální délkou 300 m. (JANEČEK a kol., 2012)

D) Důlkování meziřadí brambor

Tato technologie je obdobná jako hrázkování. Místo hrázek jsou vytvářeny důlky v meziřadí, které omezují povrchový odtok a zvyšují infiltraci vody. Důlkování se provádí speciálním strojem – důlkovačem, bezprostředně po výsadbě brambor. Důlkování se osvědčilo na svazích s maximální délkou 300 m po spádnicí. (JANEČEK a kol., 2012)

3.5.2.4 Protierozní technologie při pěstování cukrovky

Cukrová řepa je poškozována vodní i větrnou erozí hlavně v době vzcházení. K zabránění eroze se používá výsev cukrové řepy do mulče z vymrzajících meziplodin (svazenka vratičolistá a hořčice bílá). Důležité je před setím meziplodiny urovnávka povrchu půdy a před vlastním setím cukrovky se osvědčilo jarní mělké prokypření vymrznuté meziplodiny. (JANEČEK a kol., 2012)

3.5.3 Technická protierozní opatření

Při řešení protierozní ochrany v určitém povodí, nejsou v mnoha případech samostatně použita agrotechnická a organizační opatření schopna omezit povrchový odtok. Proto se musí navrhnout technická protierozní opatření. U technických prvků nelze předpokládat, že jen ony vyřeší protierozní ochranu daného území. Celý systém technických opatření je nutno chápat výhradně jako tzv. „kostru protierozních opatření“ v řešeném území, kterou je potřeba doplnit systémem organizačních agrotechnických, popřípadě stavebně technických opatření. (PODHRÁZSKÁ a kol., 2009)

Technická protierozní opatření se používají k ochraně pozemků před vodou přitékající z lesních porostů na zemědělské pozemky, k neškodnému odvedení povrchových vod a k ochraně intravilánů obcí a komunikací před škodami způsobenými povrchovým odtokem a smytou zeminou. (SOUKUP, 2006)

Pokud je nezbytná protierozní ochrana většího rozsahu zemědělských pozemků v jednom katastrálním území, je vhodné ochranu půdy řešit v rámci komplexních pozemkových úprav. Jednotlivá opatření je možno navrhovat a realizovat v rámci podpůrných a dotačních programů na protierozní ochranu (Ministerstvo životního

prostředí ČR, protipovodňovou ochranu (Ministerstvo zemědělství ČR) nebo rozvoj venkova (Ministerstvo zemědělství ČR). (KADLEC a kol., 2014)

Podstata technických protierozních opatření spočívá v:

- změně sklonu pozemku (terénní urovnávky, terasování, historické meze),
- přerušení volné délky pozemku a neškodné odvedení povrchového odtoku (příkopy, průlehy, protierozní meze, zatravněné údolnice),
- zachycení povrchového odtoku a splavenin, jeho zdržení a neškodné odvedení (ochranné hráčky, sedimentační, retenční a suché nádrže, vsakovací prvky). (KADLEC a kol., 2014)

3.5.3.1 Terénní urovnávka

Základní princip terénních urovňavek je především v odstranění lokálních nerovností a terénních útvarů, které významným způsobem ovlivňují směřování a soustřednost povrchového odtoku. V praxi jde nejčastěji o odstraňování mělkých údolnic na pozemcích, avšak tento typ opatření je aplikován zřídka. (KADLEC a kol., 2014)

3.5.3.2 Protierozní příkop

Protierozní příkop je liniový prvek a zpravidla se navrhuje pro zachycení a neškodné odvedení vody z pozemků. Může být kombinován s dalšími liniovými prvky v krajině (mezi cestou, vegetační pás, biokoridorem apod.). Příkop je na pozemku orientován po vrstevnici s mírným podélným sklonem (příkop vsakovací). Nejčastěji má příkop lichoběžníkový profil se šířkou ve dně 0,3 – 0,6 m, hloubkou mezi 0,6 – 1,2 m a sklonem svahu 1 : 1,5 až 1 : 2. Pokud je cílem jen ochrana vlastního zemědělského pozemku, dimenzují se příkopy na dobu opakování nejméně 5 let. V případě, že je cílem budování příkopu ochrana intravilánu nebo vodního útvaru, je míra ochrany vyšší odpovídajícím způsobem dle konkrétních podmínek (zpravidla 10 – 50 let, výjimečně i 100 let). Z hlediska stability dna a svahů jsou případy, kdy je příkop potřeba opevnit (např. žlabovky, polovegetační tvárnice, dlažba). Alternativou bližší přírodě, je štěrkový pohoz, který umožňuje infiltraci. Nad každým liniovým prvkem je účelné založit pás trvalého drnu v šířce nejméně 5 m, který bude zachycovat splaveniny přicházející z výše uloženého pozemku. Stejně tak je vhodné podél příkopu vysadit doprovodnou vegetaci, ať již stromovou nebo keřovou. (KADLEC a kol., 2014)

„Z hlediska prostorového uspořádání a funkce příkopů je možno rozlišovat příkopy odváděcí, které se dále dělí na záchytné, sběrné a svodné, a příkopy vsakovací.“ (KADLEC a kol., 2014)

3.5.3.3 Protierozní průleh

Protierozní průleh je funkčně velmi blízký protieroznímu příkopu. Hlavní funkcí průlehu je přerušení délky svahu zachycením vody s jejím neškodným odvedením nebo zasáknutím. Zásadní odlišnost spočívá ve tvaru příčného profilu, hloubce průlehu (bývá mělčí) a sklonu jeho svahů, který by neměl překročit 1 : 5. Většinou se sklon svahů navrhuje mírnější (např.: 1 : 10) tak, aby objekt byl přejezdný, případně i obdělávatelný. Průleh musí být aplikovaný na mírnějších pozemcích o sklonu do 10 %, z důvodu požadavku na sklon svahu. (KADLEC a kol., 2014)

Stejně jako u příkopu je doplňkovou částí nad průlehem pás trvalého travního drnu v šířce minimálně 5 m pro zachycení splavenin. Účelná je i výsadba vegetace podél průlehu. (KADLEC a kol., 2014)

Z hlediska půdorysného a funkčního uspořádání lze průlehy členit na odváděcí (záchytné, sběrné a svodné) a na retenční – vsakovací. Průlehy odváděcí by měly být vrstevnicově orientované s minimálním podélným sklonem a průlehy vsakovací musí být vedeny vrstevnicově. (KADLEC a kol., 2014)

3.5.3.4 Protierozní meze

Protierozní meze navrhované primárně za účelem protierozní ochrany, lze dělit na meze historické a meze současné.

Meze historické

Historické meze v krajině vznikaly na hranicích dvou pozemků, kam byly ukládány sbírané kameny vytvářející nízké hrázky. Při orbě podél vrstevnic docházelo k postupnému naorávání půdy k hranici shora a odorávání zdola. Nad hrázkami z kamene se navíc dlouhodobě usazovaly sedimenty z výše ležícího pozemku. Navážené kameny se skládaly do opěrné zídky a vznikl terénní stupeň 1,5 – 2 m vysoký, převážně vrstevnicově orientovaný. Funkce historické meze spočívala převážně ve snižování podélného sklonu svahu. Historické meze nebyly záměrně navrhovány, ani k tomu

nebyly vybaveny, neboť vznikaly samovolně v průběhu desetiletí a staletí a projevíly se v podstatě terasováním pozemků. (KADLEC a kol., 2014)

Současné protierozní meze

U návrhu současných protierozních mezí je důraz kladen na spojení záchytné funkce s odváděcí a současně s krajínotvornou. Protierozní mez je navrhována jako nízká hrázka, obvykle spojená s mělkým příkopem či průlehem. Hrázka má u meze funkci stabilizační a osazuje se vhodnou vegetací, případně je možno na ni umístit kameny nebo další prvky vnášející do krajiny diverzitu. Materiál musí být zhutněn, koruna musí být vodorovná, resp. sledovat sklon úklonu meze od vrstevnic. Hlavní protierozní funkci splňuje příkop nebo průleh, který může být umístěn nad hrázkou nebo pod ní. Vhodné je nad příkopem či průlehem založit pás trvalého drnu v šířce minimálně 5 m pro zachycování splavenin nesených povrchovým odtokem z výše ležícího pozemku. (KADLEC a kol., 2014)

Mez je prvkem velmi atraktivním především tím, že spojuje efektivní protierozní ochranu s revitalizací a diverzifikací krajiny. Z hlediska protierozního účinku je možno velmi podobného efektu dosáhnout snáze příkopem, průlehem či protierozní hrázkou. (KADLEC a kol., 2014)

3.5.3.5 Terasa

Terasy se navrhují na svažitéch pozemcích sloužící ke zmenšení jejich velkého sklonu terénními stupni, k rozdělení svahu na úseky, aby povrchový odtok nedosáhl nebezpečného erozního účinku, a ke zlepšení využití mechanizace. Terasování umožňuje využívat pozemky, které pro velký sklon a členitost nebylo možno současnými formami zemědělské výroby jinak efektivně využívat. V současné době jsou různé způsoby využití teras (sady, vinice, orná půda, ostatní plochy), což z velké míry závisí na kvalitě provedení technické a zejména biologické rekultivace. (KADLEC a kol., 2014)

„Terasy se skládají z terasových plošin a terasových svahů. Podélný sklon se doporučuje 1 až 3 %. Maximální výška terasového stupně se doporučuje 8m, optimální je 6m. Sklon svahu s výškou terasového stupně 1:5 m (výjimečně do 2,5m) je maximálně 1:1. U vyšších svahů zpravidla 1 : 1,25 až 1 : 1,5. Zpevnění svahu se provádí osetím směsí travního semene po předchozím ohumusování svahů (rozprostření

ornice), nebo hydroosevem. Vhodné je zatravnění doplnit výsadbou dřevinné vegetace.“ (KADLEC a kol., 2014)

Podle způsobů opevnění terasového svahu rozeznáváme typy teras:

- terasy stupňové zemní, které mají terasový stupeň stabilizován vegetačním zpevněním svahu
- terasy stupňové s opevněnými zdmi, které mají terasový stupeň stabilizován opěrnou nebo zárubní zdí z různých materiálů, hlavně z kamene, betonu a železobetonu.

Podle tvaru a velikosti plošiny rozeznáváme typy teras:

- terasy úzké, umožňující výsadbu 1 až 2 řad vinné révy nebo ovocných stromů a keřů,
- terasy široké umožňující výsadbu nejméně tří řad vinné révy nebo ovocných stromů a keřů.

Zpevnění svahu se provádí osetím směsí travního semene po předchozím ohumusování svahů (rozprostření ornice), nebo hydroosevem. Vhodné je zatravnění doplnit výsadbou dřevinné vegetace. (KADLEC a kol., 2014)

3.5.3.6 Protierozní cesta

Polní cesty dobře doplňují systém protierozní ochrany, pokud jsou opatřeny cestními příkopy nebo průlehy na straně ke svahu. Záleží na jejich směrovém vedení, pokud jsou cesty podél vrstvenic nebo v malém sklonu, působí zároveň jako protierozní opatření či zábrana. Ovšem musí být opatřeny shora příkopem, průlehem nebo dostatečně širokým travním pásem. (SOUKUP, 2006)

Jde o opatření s minimálními dopady, co se týče omezení využívání pozemku. Cesta obstarává pohodlný přístup na přilehlé pozemky. Protierozní cesty jsou realizovány jen v případě zpracování komplexních pozemkových úprav pro daný katastr. (KADLEC a kol., 2014)

3.5.3.7 Protierozní hrázka

Ochranné hrázkové se budují na pozemcích ve směru vrstvenic a v patě svahů zemědělských pozemků hlavně k ochraně objektů před zatopením povrchovou vodou z přívalových srážek a zanesením erozními smyvy. Převážně se hrázkové budují jako zemní, nejvýše 1 m až 1,5 m vysoké, opevněné travním porostem. Hrázkové musí být

vybaveny vypouštěcím zařízením osazeným ochrannou mříží (česle). (JANEČEK a kol., 2012)

Protierozní hrázky se budují na místo málo účinných tzv. vrstevnicových mezí, nebo kde by v důsledku malého sklonu docházelo k zanášení příkopů a průlehů. (JANEČEK a kol., 2012)

3.5.3.8 Ochranné (retenční a sedimentační) nádrže

Ochranné (retenční) nádrže slouží k zachycování povodňových průtoků, transformují povodňové vlny a chrání území nebo objekty před negativními účinky velkých vod nebo transportem půdních částic z erozních procesů. Ideální je návrh víceúčelové nádrže, která plní více funkcí současně. Podle účelu se tyto nádrže dělí na protierozní nádrže, suché nádrže, poldry a sedimentační jímky. (KADLEC a kol., 2014)

Protierozní nádrže plní řadu protierozních funkcí, zejména snižují podélný sklon údolí, zachycují splaveniny a část odtoku vody převádějí infiltrací na podzemní odtok. Důležitá je pravidelná údržba spočívající v odstraňování usazených půdních částic ze dna nádrže. (KADLEC a kol., 2014)

Suché nádrže jsou průtočné, situované na vodním toku a vytvářejí vymezený ochranný prostor, který se plní při průchodu povodňové vlny za současného odtoku vody odpadním potrubím a který se po odeznění povodňové vlny vyprázdní (případně po úroveň malého zásobního prostoru). (KADLEC a kol., 2014)

Poldry – boční nádrže – jsou suché v období mimo povodně. V průběhu povodně je poldr uzavřen, voda se akumuluje v retenčním prostoru nádrže, po odeznění povodně se otevírá výpustné potrubí a voda odtéká gravitačně zpět do vodního toku. Cílem je dosáhnout snížení kulminace průtokové vlny nebo alespoň oddálení zvýšení průtoků v toku. (KADLEC a kol., 2014)

Sedimentační jímky jsou malé nádrže, budované na svodných příkopech nebo průlezích, eventuálně dolních okrajích erozně ohrožených pozemků. Jejich hlavní účel spočívá v zachycování sedimentu před jeho vstupem do hydrografické sítě. Dle rozměrů nejde o vodní dílo. (KADLEC a kol., 2014)

Vodní nádrže protierozní, suché nebo poldry jsou vodní díla a jako taková podléhají příslušné legislativě a vyžadují příslušné náležitosti návrhu. „Vodu z těchto nádrží musí být možno řízeně vypustit a odtok z nádrží musí být bezpečně odveden až do cílového recipientu.“ (KADLEC a kol., 2014)

3.6 POVODNĚ – pojem, příčiny a druhy povodní

3.6.1 Povodeň

Povodeň lze definovat jako přechodné stoupnutí hladiny toku nad úroveň břehů způsobené zmenšením průtočnosti koryta nebo náhlým zvětšením průtoku, tj. vytvořením tzv. povodňové vlny, která se pohybuje říčním korytem neustáleným pohybem. (DUB, NĚMEC, 1969)

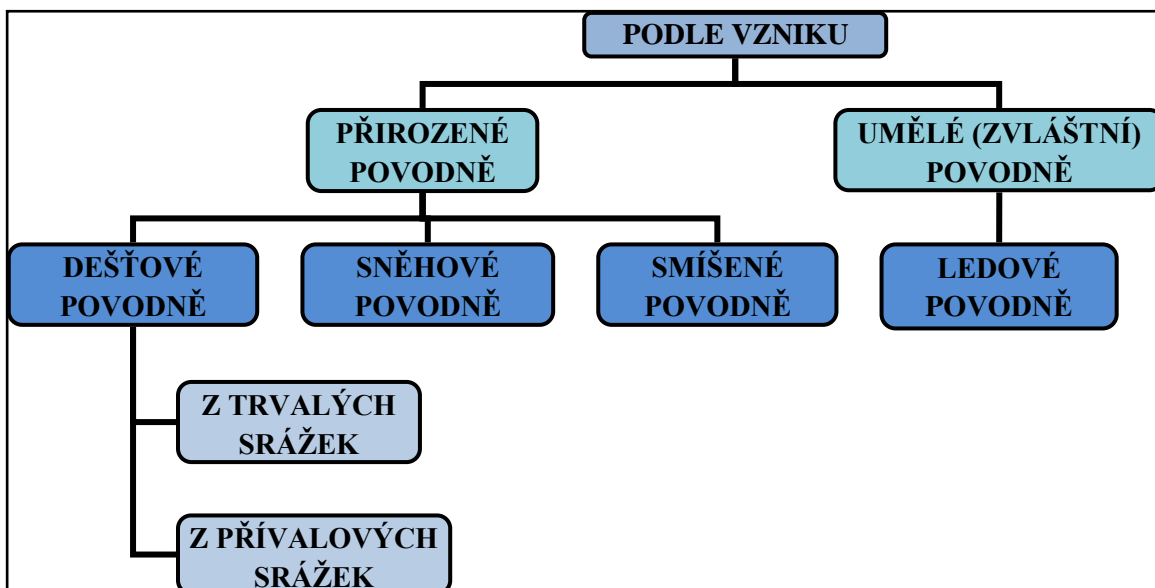
Povodně jsou z velké části přírodní katastrofy, k nimž dochází vlivem nahodilých změn meteorologických situací. Obvykle je způsobují prudké přívalové deště, jejichž intenzita je velká, velmi proměnlivá, nebo se jedná o dlouhotrvající vydatné dešťové srážky. (KONVIČKA, 2002)

Povodněmi se pro účely zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, dle § 64 rozumí přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protržení) nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň).

Hlavními příčinami povodně jsou:

- náhlé nebo intenzivní dešťové srážky,
- dlouhotrvající dešťové srážky
- tání sněhu nebo ledu,
- souběh dešťových nebo sněhových srážek s táním,

- náhlé nahromadění ledů, dřeva a podobného materiálu v korytě, kde tvoří překážku odtoku. (KONVIČKA, 2002)



Obrázek 2: Schéma dělení povodně (zdroj: autorka, 2015)

3.6.2 Ochrana před povodněmi

Ochranou před povodněmi podle zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, dle § 63 se rozumí činnosti a opatření k předcházení a zvládnutí povodňového rizika v ohroženém území. Zajišťuje se systematickou prevencí a operativními opatřeními.

Operativní opatření jsou zabezpečována podle povodňových plánů a při vyhlášení krizového stavu podle krizových plánů.

K zajištění ochrany před povodněmi je každý povinen umožnit vstup, případně vjezd na své pozemky, popřípadě stavby těm, kteří řídí, koordinují a provádějí zabezpečovací a záchranné práce, přispět na příkaz povodňových orgánů osobní a věcnou pomocí k ochraně životů a majetku před povodněmi a řídit se příkazy povodňových orgánů.

Pokud při této činnosti vznikla vlastníkově pozemku nebo stavby škoda, má nárok na její náhradu.

3.6.3 Povodňové orgány

Řízení ochrany před povodněmi zabezpečují v souladu se zákonem č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, dle § 77 povodňové orgány. Řízení ochrany před povodněmi zahrnuje přípravu na povodňové situace, řízení, organizaci a kontrolu všech příslušných činností v průběhu povodně a v období následujícím bezprostředně po povodni včetně řízení, organizace a kontroly činnosti ostatních účastníků ochrany před povodněmi. Povodňové orgány se při své činnosti řídí povodňovými plány.

V období mimo povodeň jsou povodňovými orgány:

- orgány obcí a v hlavním městě Praze orgány městských částí,
- obecní úřady obcí s rozšířenou působností a v hlavním městě Praze úřady městských částí stanovené Statutem hlavního města Prahy,
- krajské úřady,
- Ministerstvo životního prostředí; zabezpečení přípravy záchranných prací přísluší Ministerstvu vnitra.

Po dobu povodně jsou povodňovými orgány:

- povodňové komise obcí a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí,
- povodňové komise obcí s rozšířenou působností a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí stanovené Statutem hlavního města Prahy,
- povodňové komise krajů,
- Ústřední povodňová komise.

3.7 PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ

Základním legislativním podkladem řešící protipovodňovou ochranu obecně je Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Povodňová opatření se dělí na přípravná opatření, která se provádějí v době mimo povodeň (v rámci prevence), dále na opatření prováděná v době nebezpečí povodně a v průběhu povodně a následně jsou to opatření prováděná po povodni. (MÁCHOVÁ, HOVORKA, 2013)

3.7.1 Přípravná opatření

Do přípravných opatření patří stanovení záplavových území, vymezení směrodatných limitů pro stupně povodňové aktivity (SPA), tvorba povodňových plánů a jejich aktualizace, povodňové prohlídky, příprava hlasné a předpovědní povodňové služby, organizační a technická příprava, vytváření hmotných povodňových rezerv a příprava účastníků povodňové ochrany. (MÁCHOVÁ, HOVORKA, 2013)

3.7.1.1 Stanovení záplavových území

Dle § 66 jsou záplavová území administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Jejich rozsah je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad. Vodoprávní úřad může uložit správci vodního toku povinnost zpracovat a předložit takový návrh v souladu s plány hlavních povodí a s plány oblastí povodí.

V zastavěných územích, v zastavitelných plochách podle územně plánovací dokumentace, případně podle potřeby v dalších územích, vymezí vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku aktivní zónu záplavového území podle nebezpečnosti povodňových průtoků.

3.7.1.2 Stupně povodňové aktivity

Stupni povodňové aktivity se pro účely zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, dle § 70 rozumí míra povodňového nebezpečí vázaná na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích, popřípadě na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu uvedené v příslušném povodňovém plánu.

Rozsah operativních opatření prováděných pro ochranu před konkrétní povodní se řídí nebezpečím nebo vývojem povodňové situace, která se vyjadřuje třemi stupni povodňové aktivity, kterými jsou:

Stav bdělosti

První stupeň nastává při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pominou-li příčiny takového nebezpečí. Tento stav nastává rovněž vydáním výstražné informace předpovědní povodňové služby a vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku

nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí. Činnost zahajuje hlásná a hlídková služba. Na vodních dílech nastává tento stav při dosažení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností z hlediska bezpečnosti díla nebo při zjištění mimořádných okolností, jež by mohly vést ke vzniku zvláštní povodně.

Stav pohotovosti

Druhý stupeň se vyhláší, když nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň, ale nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto. Vyhláší se také při překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti. Aktivizují se povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, uvádějí se do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu.

Stav ohrožení

Třetí stupeň se vyhláší při bezprostředním nebezpečí nebo vzniku škod většího rozsahu, ohrožení životů a majetku v záplavovém území. Vyhláší se také při dosažení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti současně se zahájením nouzových opatření. Provádějí se povodňové zabezpečovací práce podle povodňových plánů a podle potřeby záchranné práce nebo evakuace.

Druhý a třetí stupeň povodňové aktivity vyhláší a odvolávají ve svém územním obvodu povodňové orgány.

Směrodatné limity vodních stavů pro vyhlášení stupňů povodňové aktivity jsou obsaženy v povodňových plánech a jsou závazné pro povodňové plány nižších stupňů.

3.7.1.3 Povodňové plány

Povodňovými plány se pro účely zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, dle § 71 rozumějí dokumenty, které obsahují způsob zajištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací. Dále obsahují způsob zajištění včasné aktivizace povodňových orgánů, zabezpečení hlásné a hlídkové služby a ochrany objektů, přípravy

a organizace záchranných prací a zajištění povodní narušených základních funkcí v objektech a v území a stanovené směrodatné limity stupňů povodňové aktivity.

Povodňovými plány územních celků jsou:

- povodňové plány obcí, které zpracovávají orgány obcí, v jejichž územních obvodech může dojít k povodni,
- povodňové plány správních obvodů obcí s rozšířenou působností, které zpracovávají obce s rozšířenou působností,
- povodňové plány správních obvodů krajů, které zpracovávají příslušné orgány krajů v přenesené působnosti ve spolupráci se správci povodí,
- Povodňový plán České republiky, který zpracovává Ministerstvo životního prostředí.

3.7.1.4 Povodňové prohlídky

Povodňovými prohlídkami podle § 72 se zjišťuje, zda na vodních tocích, vodních dílech a v záplavových územích, popřípadě na objektech nebo zařízeních ležících v těchto územích nejsou závady, které by mohly zvýšit nebezpečí povodně nebo její škodlivé následky.

Povodňové prohlídky organizují a provádějí povodňové orgány podle povodňových plánů, a to nejméně jednou ročně.

3.7.1.5 Předpovědní a hlasná povodňová služba

Podle zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, dle § 73 Informuje předpovědní povodňová služba povodňové orgány, popřípadě další účastníky ochrany před povodněmi, o nebezpečí vzniku povodně, o jejím vzniku a o dalším nebezpečném vývoji, o hydrometeorologických prvcích charakterizujících vznik a vývoj povodně, zejména o srážkách, vodních stavech a průtocích ve vybraných profilech. Tuto službu zabezpečuje Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci se správcem povodí.

Hlásná povodňová služba zabezpečuje informace povodňovým orgánům pro varování obyvatelstva v místě očekávané povodně a v místech ležících níže na vodním toku, informuje povodňové orgány a účastníky ochrany před povodněmi o vývoji povodňové situace a předává zprávy a hlášení potřebná k jejímu vyhodnocování a k řízení opatření na ochranu před povodněmi. Hlásnou povodňovou službu organizují povodňové orgány obcí a povodňové orgány pro správní obvody obcí s rozšířenou působností a podílejí se

na ní ostatní účastníci ochrany před povodněmi. K zabezpečení hlásné povodňové služby organizují povodňové orgány obcí v případě potřeby hlídkovou službu.

3.7.2 Opatření v průběhu povodně

V průběhu povodně se provádějí některé činnosti stejné jako v rámci preventivních povodňových opatření, jen s tím rozdílem, že v průběhu povodně se jedná již o plnohodnotné předávání důležitých informací pro řešení povodňových situací. Jedná se zejména o činnost předpovědní povodňové služby a hlásné povodňové služby, varování při nebezpečí povodně, zřízení a činnost hlídkové služby, vyklizení záplavových území, řízené ovlivňování odtokových poměrů, povodňové zabezpečovací práce, povodňové záchranné práce a zabezpečení náhradních funkcí a služeb v území zasaženém povodní. (MÁCHOVÁ, HOVORKA, 2013)

3.7.2.1 Povodňové záchranné práce

Povodňovými záchrannými pracemi pro účely zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, dle § 74 jsou technická a organizační opatření prováděná za povodně v bezprostředně ohrožených nebo již zaplavených územích k záchraně životů a majetku, zejména ochrana a evakuace obyvatelstva z těchto území, péče o ně po nezbytně nutnou dobu, zachraňování majetku a jeho přemístění mimo ohrožené území.

Povodňové záchranné práce v případech, kdy jsou ohroženy lidské životy, nebo hospodářské zájmy, jimiž jsou doprava, zásobování, spoje a zdravotnictví, zajišťují povodňové orgány ve spolupráci se složkami integrovaného záchranného systému.

3.7.2.2 Povodňové zabezpečovací práce

Dle § 74 jsou povodňovými zabezpečovacími pracemi technická opatření prováděná při nebezpečí povodně a za povodně ke zmírnění průběhu povodně a jejích škodlivých následků.

Povodňové zabezpečovací práce spočívají zejména v odstraňování překážek ve vodním toku a v profilu objektů (propustky, mosty) znemožňujících plynulý odtok vody, rozrušování ledových nápěchů a zácp ve vodním toku, ochrana koryta a břehů proti narušování povodňovým průtokem a zajišťování břehových nátrží, opatření proti přelítí

nebo protržení ochranných hrází, opatření proti přelití nebo protržení hrází vodních děl zadržujících vodu, provizorní uzavírání protržených hrází, instalace protipovodňových zábran, opatření proti zpětnému vzduťi vody, zejména do kanalizací, opatření k omezení znečištění vody, opatření zajišťující stabilizaci území před sesuvy.

Povodňové zabezpečovací práce zajišťují správci vodních toků na vodních tocích a vlastníci dotčených objektů, případně další subjekty podle povodňových plánů nebo na příkaz povodňových orgánů.

3.7.3 Opatření po povodni

Mezi opatření po povodni patří zejména evidenční a dokumentační práce o průběhu povodně a o provedených opatřeních k ochraně před povodněmi. K tomu slouží záznamy v povodňové knize. (MÁCHOVÁ, HOVORKA, 2013)

Dále se mezi opatření po povodni řadí vyhodnocení povodňové situace včetně vzniklých povodňových škod a odstranění povodňových škod a obnova území po povodni.

4 MATERIÁL A METODY

4.1 VSTUPNÍ DATA

Pro návrh protierozních opatření a dimenzování propustku bylo zapotřebí využít řady podkladových dat.

4.1.1 Univerzální (WISCHMEIER – SMITHOVA) rovnice

(zpracováno dle JANEČEK a kol., 2012)

V České republice se k určování ohroženosti zemědělských půd vodní erozí a k hodnocení účinnosti navrhovaných protierozních opatření používá tzv. „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE“ dle WISCHMEIERA a SMITHE (1978), která nejdokonaleji vyjadřuje kvantitativní účinek hlavních faktorů ovlivňujících vodní erozi způsobovanou přívalovými dešti.

$$G = R * K * L * S * C * P$$

G - průměrná dlouhodobá roční ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)

R - faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů

K - faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu

L - faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí

S - faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí

C - faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice

P - faktor účinnosti protierozních opatření

• Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)

Erozní činnost (tzv. erozivita) způsobená dešti se projevuje nejvýrazněji na počátku erozního procesu, kdy dopadající dešťové kapky rozrušují půdní povrch. Tento faktor lze získat několika způsoby, a to výpočtem ze vzorce, vyhledáním v příslušné tabulce stanic ČHMÚ nebo použít průměrnou hodnotu pro převažující plochu zemědělské půdy v České republice $40 MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$.

- **Faktor erodovatelnosti půdy (K)**

Faktor erodovatelnosti K představuje náchylnost půdy k erozi, tedy schopnost půdy odolávat působení rozrušujícímu účinku dešťových srážek a transportu povrchovým odtokem. Faktor K ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) můžeme stanovit výpočtem ze vzorce, graficky z nomogramu, určit z půdního druhu nebo z bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) podle hlavní půdní jednotky (druhé a třetí místo pětimístného kódu). V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty faktoru erodovatelnosti půdy K podle BPEJ, které byly využity k výpočtům.

Tabulka 1: Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ

HPJ	K ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)
02	0,46
08	0,49
10	0,53
12	0,50
21	0,15
29	0,32
30	0,23
32	0,19

(zdroj: Janeček a kol., 2012, upraveno autorkou)

- **Faktor délky a sklonu svahu (L, S)**

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze je vyjádřen kombinací faktoru sklonu S a faktoru délky sklonu L, tzv. topografickým faktorem LS v charakteristických odtokových drahách na vyšetřovaném pozemku vyjadřuje vliv morfologie terénu na vznik a vývoj erozních procesů.

L – faktor délky svahu vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí.

S – faktor sklonu svahu vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy před erozí.

Nepřerušená délka svahu se měří od rozvodnice nebo od horní hranice pozemku, vždy však od prvku přerušujícího povrchový odtok (příkop, průleh, hrázka, atd.). Topografický faktor lze vypočítat přímo ze vzorce nebo spočítat zvlášť hodnotu faktoru S a L a to pomocí výpočtem ze vzorce, tabulky nebo grafu.

Vztah pro výpočet faktoru L:

$$L = \left(\frac{l}{22,13} \right)^m$$

kde 22,13 je délka standardního pozemku (m)

l horizontální projekce délky svahu (uvažuje se nepřerušené délka svahu)

m exponent sklonu svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze;

Exponent m byl stanoven z tabulky hodnot exponentu sklonu svahu m v závislosti na sklonu svahu a poměru rýžkové eroze k erozi plošné. V tabulce 2 jsou uvedeny pouze hodnoty exponentu m, které byly využity pro výpočet.

Tabulka 2: Hodnoty exponentu sklonu svahu m v závislosti na sklonu svahu a poměru rýžkové eroze k erozi plošné

Skon svahu (%)	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí		
	Nízký	Střední	Vysoký
6	0,28	0,43	0,6
8	0,32	0,48	0,65
10	0,35	0,52	0,68
12	0,37	0,55	0,71

(zdroj: Janeček a kol., 2012, upraveno autorkou)

Vztah pro výpočet faktoru S:

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad \text{pro sklon} < 9 \%$$

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad \text{pro sklon} \geq 9 \%$$

kde θ je úhel sklonu svahu (rad nebo m/m) a výpočet goniometrické funkce musí být proveden v systému rad.

Vztah pro výpočet topografického faktoru LS:

$$LS = L * S$$

• Faktor ochranného vlivu vegetace (C)

Význam vegetačního pokryvu s ohledem na smyv půdy se projevuje buď přímo ochranou půdy před ničivým dopadem dešťových kapek a zpomalováním rychlosti odtoku po povrchu, nebo nepřímo vlivem vegetace na pórovitost a propustnost půd,

včetně zmírnění možnosti zanášení porů jemnými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem.

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (IV – IX). Z toho důvodu představují porosty trav a jetelovin dokonalou protierozní ochranu, kdežto běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny chrání půdu nedostatečně.

Osevní postup

Osevní postup představuje stálý způsob střídání pěstovaných plodin či skupin plodin. Vycházíme z tzv. Norfolkského osevního postupu:

1. jetelovina
2. ozimá obilnina
3. okopanina
4. jař (krycí plodina, do které zakládáme jetelovinu ve formě podsevu)
(zemedelske-systemy.cz)

Pro sestavení osevního postupu je zapotřebí stanovit faktor C pro danou strukturu pěstovaných plodin dle postupu jejich střídání na pozemcích, včetně období mezi střídáním plodin a při určení nástupu a způsobu agrotechnických prací. Všechny tyto skutečnosti rozdělil (Wischmeier a Smith, 1978) do pěti období:

1. období podmítky a hrubé brázdy
2. období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sazen
3. období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30.4.
4. období od konce 3. období do sklizně
5. období strniště

Jednotlivá období každé plodiny nastupují v různou kalendářní dobu (viz tabulka 3), což je nezbytností nejen k sestavení osevního postupu, ale zároveň k výpočtu procentuálního rozdělení faktoru R v průběhu roku po dnech, dekadách či měsících, uvedených v tabulce 4.

Tabulka 3: Průměrná data setí a sklizeň jednotlivých výrobních oblastí

Plodina	Období	Výrobní oblast		
		kukuřičná	řepařská	bramborářská
brambory pozdní	sázení	14. 4.	16. 4.	26. 4.
	sklizeň	13. 9.	18. 9.	22. 9.
cukrovka	setí	5. 4.	13. 4.	-
	sklizeň	28. 9.	5. 10.	-
ječmen jarní	setí	17. 3.	25. 3.	7. 4.
	sklizeň	14. 6.	22. 7.	31. 7.
kukuřice	setí	22. 4.	-	-
	sklizeň	20. 9.	-	-
oves	setí	24. 3.	30. 3.	7. 4.
	sklizeň	22. 7.	28. 7.	11. 8.
pšenice ozimá	setí	2. 10.	28. 9.	28. 9.
	sklizeň	12. 7.	26. 7.	6. 8.
řepka ozimá	setí	21. 8.	10. 9.	30. 9.
	sklizeň	15. 5.	15. 6.	20. 7.
žito ozimé	setí	1. 10.	24. 9.	26. 9.
	sklizeň	8. 7.	20. 7.	27. 7.

(zdroj: Podhrázká, Dufková, 2005)

Tabulka 4: Průměrné rozdělení faktoru R přívalových dešťů do měsíců vegetačního období v ČR

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
% faktoru R	1	11	22	30	26	8	2

(zdroj: Janeček a kol., 2012)

V tabulce 5 jsou uvedené hodnoty faktoru C pro plodiny představující poměr smyvu na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na standartním pozemku.

Tabulka 5: Hodnoty faktoru C ochranného vlivu vegetace a způsobu obdělávání

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
			1	2	3	4	5a	5b
Obilniny	po 1. roce po jetelovinách	OP	0,50	0,55	0,30	0,05	0,20	0,04
		St	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	po obilninách	OP	0,65	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
		St	0,25	0,25	0,20	0,08	0,25	0,04
	po okopaninách a kukuřici	OP	0,70	0,75	0,50	0,08	0,25	0,04
		St	0,70	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
Kukuřice	Sláma předplodiny sklizena	OP	0,70	0,90	0,70	0,35	0,70	0,40
			OK	OK	OK			
			0,25	0,25	0,25			
		St	0,70	0,70	0,55	0,25	0,60	0,30
	sláma předplodiny nesklizena	OP	0,60	0,75	0,55	0,25	0,60	0,30
			OK	OK	OK	OK	OK	OK
			0,04	0,04	0,04	0,05	0,25	0,15
		St	0,30	0,25	0,20	0,20	0,40	0,30
do herbicidem umrtveného dřvu	víceletých pícnin	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03	
	jílku jako ozimé mezplodiny	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10	
Brambory, Cukrovka	v přímých řádcích libovolného směru	0,65	0,80	0,65	0,30	0,70		
Vojtěška		0,02						
Jetel červený dvousečný		0,015						
Víceletá tráva, louky		0,005						

Poznámky: 5a - sláma sklizena, 5b - sláma ponechána, O - po obilovině, K - po kukuřici, OP - setí do zorané půdy, St - setí do strniště. Hodnoty uvedené pod OK znamenají rozpětí (0,25-0,70 a pod.)

(zdroj: Janeček a kol., 2012)

V případě, že není možno zjistit strukturu pěstovaných plodin a jejich střídání, lze faktor C zjistit pomocí prvního čísla kódu BPEJ (klimatický región) a určit ho podle průměrného zastoupení plodin v dané lokalitě s využitím hodnot faktoru C v tabulce 6.

Tabulka 6: Průměrné hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny

Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
pšenice ozimá	0,12	chmelnice	0,8
žito ozimé	0,17	řepka ozimá	0,22
ječmen jarní	0,15	slunečnice	0,6
ječmen ozimý	0,17	mák	0,5
oves	0,1	ostatní olejníny	0,22
kukuřice na zrno	0,61	kukuřice na siláž	0,72
luštěniny	0,05	ostatní pícniny jednoleté	0,02
brambory rané	0,6	ostatní pícniny víceleté	0,01
brambory pozdní	0,44	zelenina	0,45
louky	0,005	sady	0,45

(zdroj: Janeček, 2012)

- **Faktor účinnosti protierozních opatření (P)**

V povodí Mřenkového potoku nejsou žádná protierozní opatření, proto byl faktor účinnosti protierozních opatření počítán s hodnotou faktoru $P = 1$.

- **Přípustná ztráta půdy vodní erozí (Gp)**

Hodnoty přípustné ztráty půdy erozí jsou stanoveny především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti. Pozemky s mělkými půdami o hloubce do 30 cm se dle nové metodiky doporučuje zatravnit či zalesnit. U půd středně hluboké (30 – 60 cm) a hlubokých (nad 60 cm) se podle nové metodiky doporučuje uvést jednotnou hodnotu přípustné ztráty půdy ve výši $4 \text{ t. ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Hloubku půdy lze orientačně určit podle BPEJ z pátého čísla označujícího skeletovitost a hloubku půdy (viz tabulka 7).

Tabulka 7: Přípustná ztráta půdy vodní erozí (zdroj: Janeček a kol., 2012)

Hloubka půdy	5. místo kódu BPEJ	$\text{t. ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$
Mělké půdy (do 30 cm)	5, 6, 7, 8, 9	doporučuje se k zatravnění
Středně hluboké půdy (30 – 60 cm)	4, 7	4
Hluboké půdy (nad 60 cm)	0,1, 2, 3	4

(zdroj: Janeček a kol., 2012)

- **Stupeň erozního ohrožení**

Pro stanovení stupně erozního ohrožení se vycházelo z tabulky 8.

Tabulka 8: Stupně ohroženosti půdy vodní erozí

	Stupeň erozní ohroženosti	Násobek Gp
1	eroze nepatrná	$\leq 1 \text{ x}$
2	eroze střední	$\leq 2 \text{ x}$
3	eroze silná	$\leq 3 \text{ x}$
4	eroze velmi silná	$\geq 3 \text{ x}$

(zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005)

Veškeré výpočty byly provedeny v Microsoft Excel.

4.1.2 Technická nivelace

Technická nivelace se řídí Směrnicí pro technickou nivelaci a je nejběžnějším typem nivelace používaným pro běžné technické práce, pro určení nadmořských výšek bodů v podrobném výškovém bodovém poli. Při nivelaci se používají technické nivelační přístroje. Nivelační soupravu tvořil nivelační přístroj značky TOPCON se stativem a zasouvací nivelační lať s podložkou. Rozlišuje se technická nivelace základní přesnosti (nižší nároky na přesnost) a zvýšené přesnosti (vyšší nároky na přesnost). (NEVOSÁD, VITÁSEK, 2000)

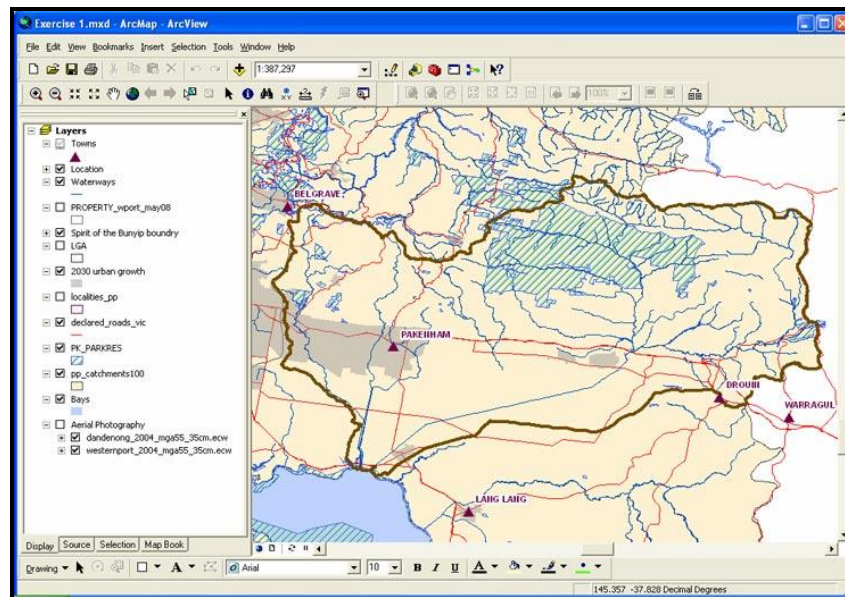
4.1.3 Program ArcGIS

GIS je zkratka pro geografický informační systém (z angl. Geographical Information System) používaný pro zpracovávání geografických dat, které jsou prezentovány hlavně v podobě různých map. ArcGIS má možnost využívat dat poskytovaných internetovými mapovými servery. Prostřednictvím aplikace ArcMap lze určitou mapovou kompozici exportovat do mnoha rastrových i vektorových formátů (např. JPEG, PDF a další).

Součásti ArcGIS

ArcMap umožňuje vytvářet mapy, zobrazovat data, provádět nejrůznější analýzy, vytvářet mapové kompozice a výsledné mapy tisknout. ArcCatalog nabízí nástroje pro správu, tvorbu a organizaci geografických a tabelárních dat. ArcToolbox poskytuje správu a analýzu geografických dat v bohatém souboru nástrojů.

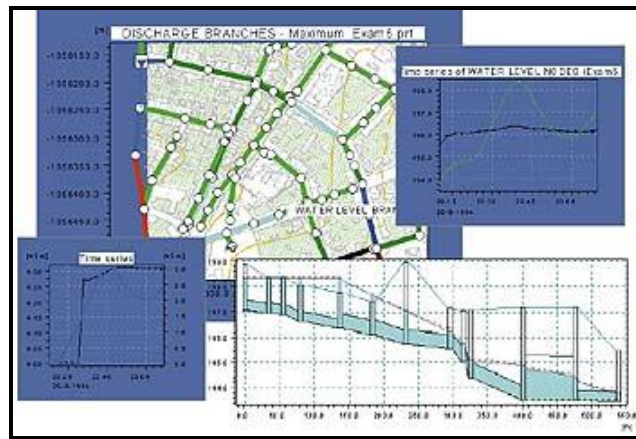
Pro možnost používání programu ArcGIS k vyhotovení řady map byla získána roční studentská licence od Mendelovy univerzity v Brně. Mapové podklady pro vyhotovení výsledných map v programu ArcGIS byly získány z Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního a Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v Brně. (download.arcdata.cz)



Obrázek 3: Program ArcGIS (zdroj: spatialvision.com)

4.1.4 Program MOUSE

MOUSE (z angl.. Modelling of Urban Sewers) je profesionální inženýrský software balíček pro simulaci povrchového odtoku, toků, kvality vody a transport sedimentů v městských povodích a kanalizacích. MOUSE je dynamický uživatelský nástroj modelování pro analýzu, návrh, řízení a provoz jednoduchých i rozsáhlých potrubních sítí. Byl vyvinut v roce 1983 Dánským hydraulickým institutem k modelování a vytváření simulačních modelů prostorových změn v tocích, vodních hladin, splavenin a znečištění v potrubí a otevřené kanalizaci. MOUSE lze použít pro predikci hydraulických nedostatků, přebytky vod s následným přetečením, povodň záplavových území, atd. MIKE View slouží k prohlížení výsledkových souborů simulací.



Obrázek 4: Program *MOUSE* (zdroj: cordis.europa.eu)

Vstupními daty pro dimenzování propustku byly N-leté průtoky v povodí poskytnuté Českým hydrometeorologickým ústavem, dále jen ČHMÚ, uvedených v tabulce 9. Dále byla využita nivelace trasy toku, drsnostní součinitele dle Manninga $n = 0,014$ (potrubí), $n = 0,025$ (otevřené koryto pod propustkem opevněné betonovými panely) a $n = 0,100$ (přirozené otevřené koryto nad propustkem) a světlost současného propustku DN 800. Zpracování vstupních dat v programu *MOUSE* bylo umožněno projektovou a inženýrskou společností *AQUA PROCON a.s.*

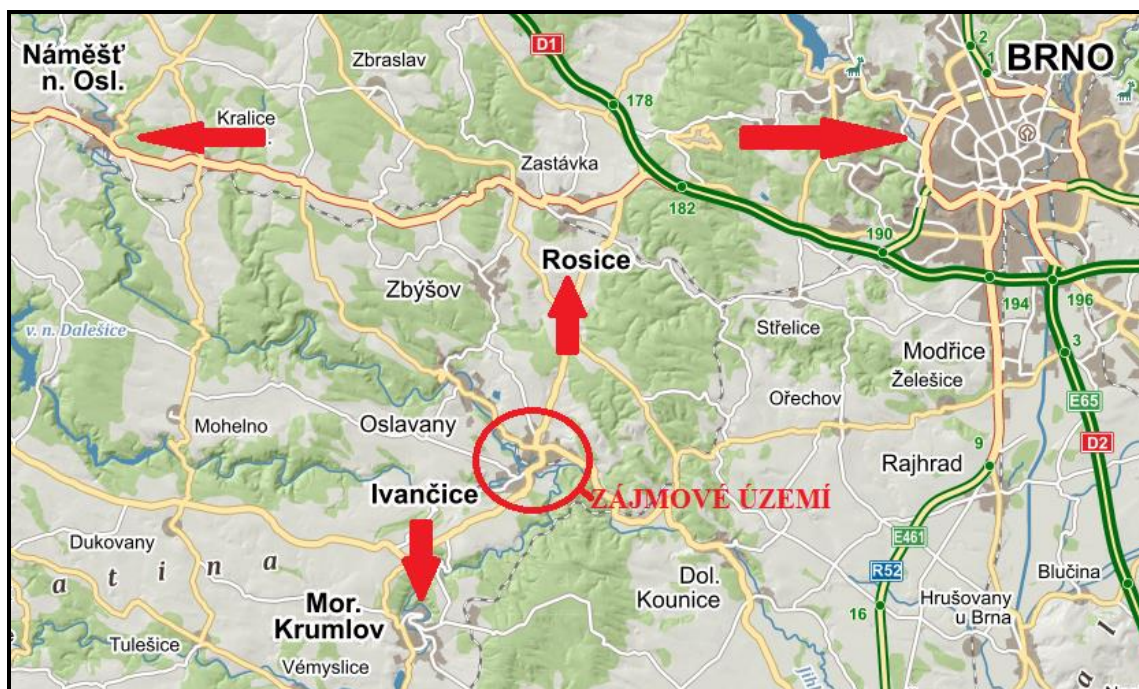
5 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

Celá tato část je převzatá z bakalářské práce Evy Grossové, která byla zpracovaná roku 2013, kde bylo čerpáno z informací poskytnutých Městským úřadem Ivančice.

5.1 VYMEZENÍ ÚZEMÍ ŘEŠENÉHO VODNÍHO TOKU

Předmětem řešení je Mřenkový potok protékající správním územím města Ivančice v nadmořské výšce asi 230 m nad mořem. Ivančice sídlí v jihozápadní části bývalého okresu Brno – venkov s cca 10 000 obyvateli. Město Brno leží 21 km severně od Ivančic.

Správní území města Ivančice, tj. katastrální území Alexovice, Budkovice, Hrubšice, Ivančice, Kounické předměstí, Letkovice, Němčice a Řeznovice, je součástí Jihomoravského kraje. Na severu sousedí s Neslovicemi a Padochovem, na severozápadě s Oslavany, Novou Vsí u Oslavan a Biskoupkami na Moravě, na západě s Jamolicemi, na jihu s Polankou, Rokytnou a Moravským Krumlovem, na jihovýchodě s Novými Bránicemi, na východě s Moravskými Bránicemi a na severovýchodě s Hlínou u Ivančic.



Obrázek 5: Mapa širších vztahů s vyznačeným zájmovým územím (zdroj: mapy.cz, upraveno autorkou)

Území má charakter kulturní krajiny, celkově převažuje využití zemědělské, značnou část území pokrývají lesní celky (cca 1/3 území). Stékají se zde tři z hlavních západomoravských řek – Jihlava, Oslava a Rokytná. (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.1 Geomorfologické a geologické poměry

Podle regionálního členění reliéfu ČR (Demek J., Mackovčín P. a kol., 2006) převážně náleží území řešeného vodního toku ke geomorfologickému celku Boskovická brázda, zastoupená podcelkem Oslavanská brázda.

Z geologického hlediska jde o tektonicky relativně pokleslé území vyplněné permokarbonskými, neogenními a kvarterními sedimenty. Plošně mírně převažují červenohnědé až rezavohnědé slepence rokytenské fácie, doplňují je žlutohnědé středně zrnité arkóзовé pískovce a červenohnědé jílovce, prachovce a jemně až středně zrnité pískovce. Okrajově zasahují hadce moldanubika. Na podložních horninách jsou neogenní sedimenty, z nichž na povrch vystupují neogenní pestré jíly. Rozsáhlé jsou pokryvy spraší a sprašových hlín místy s úlomky hornin, deluvioeolických sedimentů, místy i ostrůvky fluvialních písků a písčitých štěrků středního pleistocénu.

V severní části území, kde protéká Mřenkový potok, se nachází ložisko nevyhrazeného nerostu – cihlářských surovin.

Georeliéf území je poměrně plochý (v pahorkatinné části), celkově skloněný od západu k východu. Výraznými prvky georeliéfu jsou údolí tří řek, které vyplňují fluvialní hlinitopísčité sedimenty a sedimenty výplavových kuželů. (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.2 Pedologické poměry

Výskyt půdních typů je vázán na mateřskou horninu a pokryv zvětralin. Výskyt půd je zároveň značně ovlivněn reliéfem a hydrickým režimem. V řešeném území potoku převažují hnědozemě typické na spraších a sprašových hlínách, místy s přechody do různých forem černozemí. Obecně na podmáčených naplavených sedimentech v nivách vodních toků a některých jejich přítoků se vytvořily fluvizemě (nivní půdy). V podmáčených dnech užších údolí se nacházejí gleje a v menší míře i černice (lužní půdy). (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.3 Klimatické poměry

Podle mapy klimatických oblastí (Quitt E., 1975) náleží celé řešené území do teplé klimatické oblasti T2, vyznačující se dlouhým, teplým a suchým létem, velmi krátkým přechodným obdobím s teplým až mírně teplým jarem a podzimem, dále krátkou a mírně teplou, suchou až velmi suchou zimou s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. (GROSSOVÁ, 2013)

Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 8,5°C až 9 °C. Nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou 19°C až 19,5 °C, nejchladnějším je leden s průměrnou teplotou okolo -2,5 °C až -3 °C. (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.4 Srážkové poměry

Ivančice jsou jedním z nejsušších míst republiky s nadmořskou výškou 209 m. n. m, kdy roční úhrn srážek v dlouhodobém průměru činí 525 mm. Nejvíce srážek spadne většinou v letním období (červen – srpen), nejméně ve druhé polovině zimy (únor – březen). (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.5 Hydrologie

Území města Ivančic spadá do povodí Moravy a dílčího povodí Dyje. Ivančická kotlina je velmi významným hydrologickým uzlem, protože se zde stékají tři z hlavních západomoravských řek – Jihlava, Oslava a Rokytná. Hlavním tokem, který odvodňuje převážnou část území, je řeka Jihlava, do které se vlévá několik oboustranných přítoků. Největšími jsou levostranný přítok Oslava a pravostranný přítok Rokytná. Oba tyto přítoky i řeka Jihlava jsou zařazeny do vodohospodářsky významné vodní toky a mají vyhlášená záplavová území. Dalšími menšími přítoky Jihlavy jsou v oblasti Řeznovic, Polanka a Řeznovický potok. Ze severní strany do Ivančic přitéká Mřenkový potok a pod Ivančicemi je to potok Martálka. Všechny tyto toky jsou ve správě Povodí Morava, s. p. Větší přírodní nádrže se v území nenacházejí, mezi umělé lze zařadit chovné sádky v levobřežní části nivy Jihlavy mezi Letkovicemi a Řeznovicemi. (GROSSOVÁ, 2013)

Rozložení průtoků v tocích je v průběhu roku přirozeně rozkolísané. Obecně nejvíce vody odečte v jarních měsících, nejméně koncem léta a na podzim, kdy menší toky obvykle vysychají.

Oběh podzemních vod je vzhledem k místním hydrogeologickým podmínkám vázán zejména na nivní a terasové štěrkopísky. (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.5.1 Povodí Jihlava

Řeka Jihlava, protékající územím od západu postupně kolem Hrubšic a Řeznovic, mezi Alexovicemi a Letkovicemi, kolem severního okraje Němčic a jižního okraje Ivančic dále k východu až jihovýchodu. Průměrný dlouhodobý průtok v Jihlavě pod ústím Rokytne činí $11,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Záplavové území Jihlavy bylo přehodnoceno a nově vyhlášeno v úseku km 1,325 – km 54,176 Krajským úřadem Jihomoravského kraje dne 10. 1. 2007. KÚ JmK aktualizoval 21. 1. 2008 aktivní zóny ve výše uvedeném úseku řeky Jihlavy. V rámci NATURY 2000 je údolí Jihlavy v k. ú. Hrubšice vyhlášenou Evropsky významnou lokalitou (EVL). (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.5.2 Povodí Oslava

Oslava protéká územím Ivančic v poměrně krátkém úseku meze severním okrajem katastru Letkovic a ústím do Jihlavy, do níž se vlévá jako její hlavní levostranný přítok mezi Ivančicemi a Letkovicemi. Průměrný dlouhodobý průtok v Oslavě při ústí je $3,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Záplavové území Oslavy je vyhlášeno KÚ Jihomoravského kraje 20. 7. 2004. (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.5.3 Povodí Rokytná

Rokytná protéká jižní částí území kolem Budkovic k severovýchodu a jižně od Kounického předměstí se vlévá zprava do Jihlavy. Průměrný dlouhodobý průtok v Rokytne při ústí je $1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Řeka Rokytná má vyhlášené záplavové území OkÚ RŽP Brno – venkov od 14. 4. 1993. Řeka Rokytná v k. ú. Budkovice, Němčice a Kounické Předměstí patří mezi Evropsky významné lokality (EVL) NATURY 2000. (GROSSOVÁ, 2013)

5.1.6 Hydrologické poměry

Vodní tok: Mřenkový potok

Hydrologické číslo povodí: 4 – 16 – 04 – 001

Plocha povodí: 7,68 km²

Délka toku: 5,7 km

N-leté průtoky:

Tabulka 9: N-leté průtoky v povodí

Průtoky	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
m.s ⁻¹	1,4	2,3	3,8	5,3	7	9,5	12

(zdroj: Grossová, 2013)

6 METODIKA

Problematiku řešenou v rámci diplomové práce lze rozdělit na tři stěžejní části:

- provedení terénního průzkumu zájmového území a geodetické zaměření vedení trasy Mřenkového potoku, konkrétně využití jak nadmořských výšek nad a pod propustkem, tak výšek v místě vtoku do propustku a výtoku z něj
- dimenzace propustku pro jednotlivé N-leté průtoky s následným zjištěním schopnosti pojmout velké vody v povodí Mřenkového potoka a výslednými simulačními modely z prostředí MOUSE
- navržení protierozních opatření v povodí Mřenkového potoka prostřednictvím získaných znalostí po nastudování a zpracování odborné literatury, provedení terénního průzkumu a výpočtem „Univerzální rovnice dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE“ dle Wischmeiera a Smithe (1978) v Excelu a s využití prostředí ArcGIS

6.1 ZPRACOVÁNÍ PODKLADOVÝCH DAT

Zpracování části podkladových dat bylo provedeno v programu ArcGIS verze 10.2 tvořeném aplikacemi ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox. Ostatní data byla z velké části zpracována v programu Microsoft Excel. Výstupy z technické nivelace posloužily pro simulaci modelů MOUSE.

6.1.1 Nivelace trasy toku

V první řadě byl nalezen nivelační bod Ocd – 37 a od něho se začalo měřit. Nohy stativu se pevně zašlápnuly a po vytažení nivelačního přístroje z krabice byl hned upevněn na stativ pomocí šroubu. Odkrokovala se určitá vzdálenost (cca 40 kroků) vzad a poté vpřed („na střídačku“) od nivelačního přístroje. Následně byla položena nivelační lať na podložku. Provedla se hrubá horizontace pomocí krabicové libely (stavěcí šrouby). Zacílilo se na nivelační lať na počátku a dokonale se zaostřil dalekohled, aby byla jasně vidět naměřená hodnota. Obě čtení byly zapsány do zápisníku pro technickou nivelaci. Obdobně se pokračovalo až ke konečnému bodu (za propustkem). Poté jsme obrátili měření a postupovali jsme stejným způsobem zpátky k nivelačnímu bodu Ocd – 37.1.



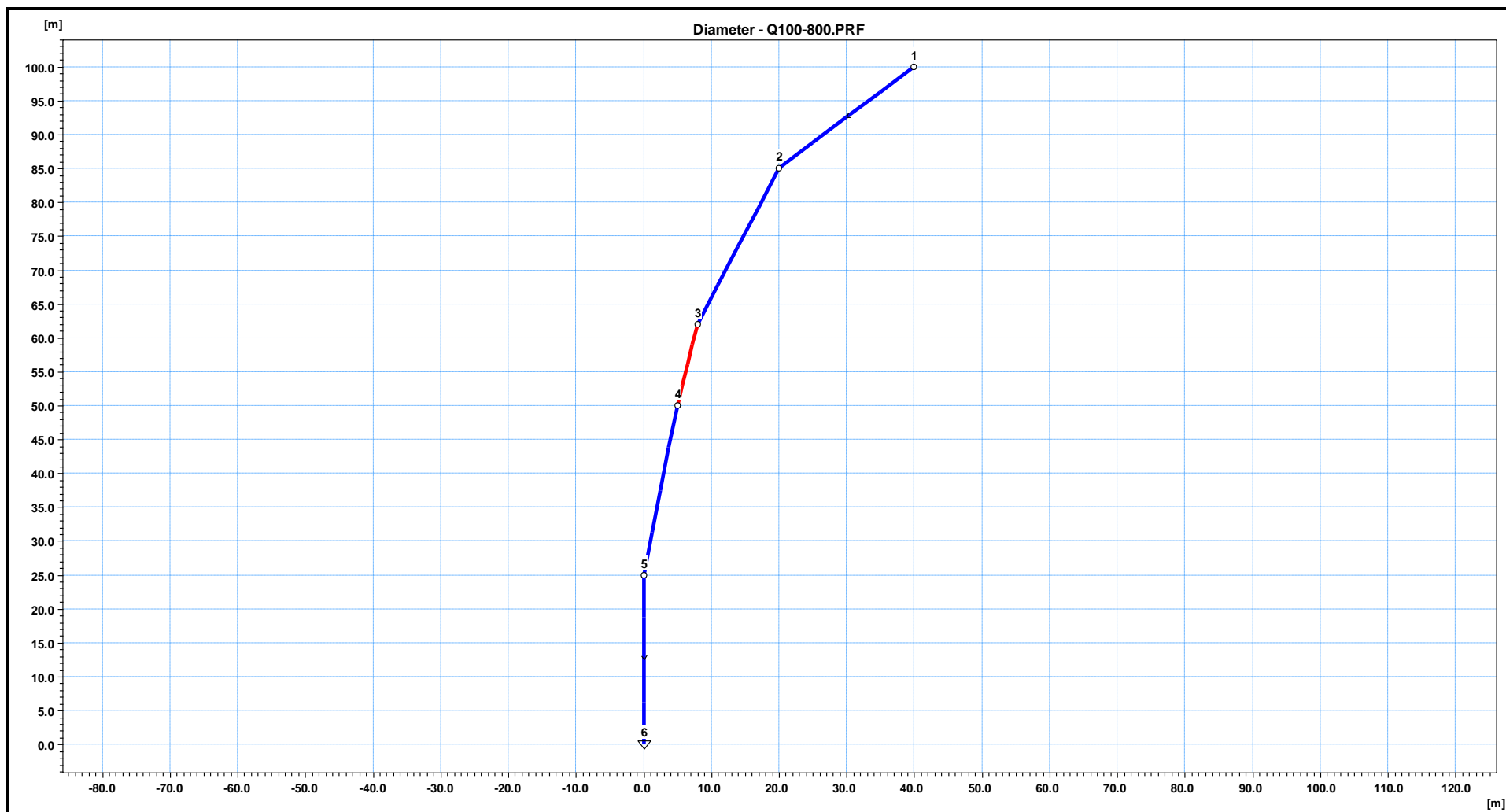
Obrázek 6: *Horizontace nivelační latě*
(zdroj: autorka, 2014)



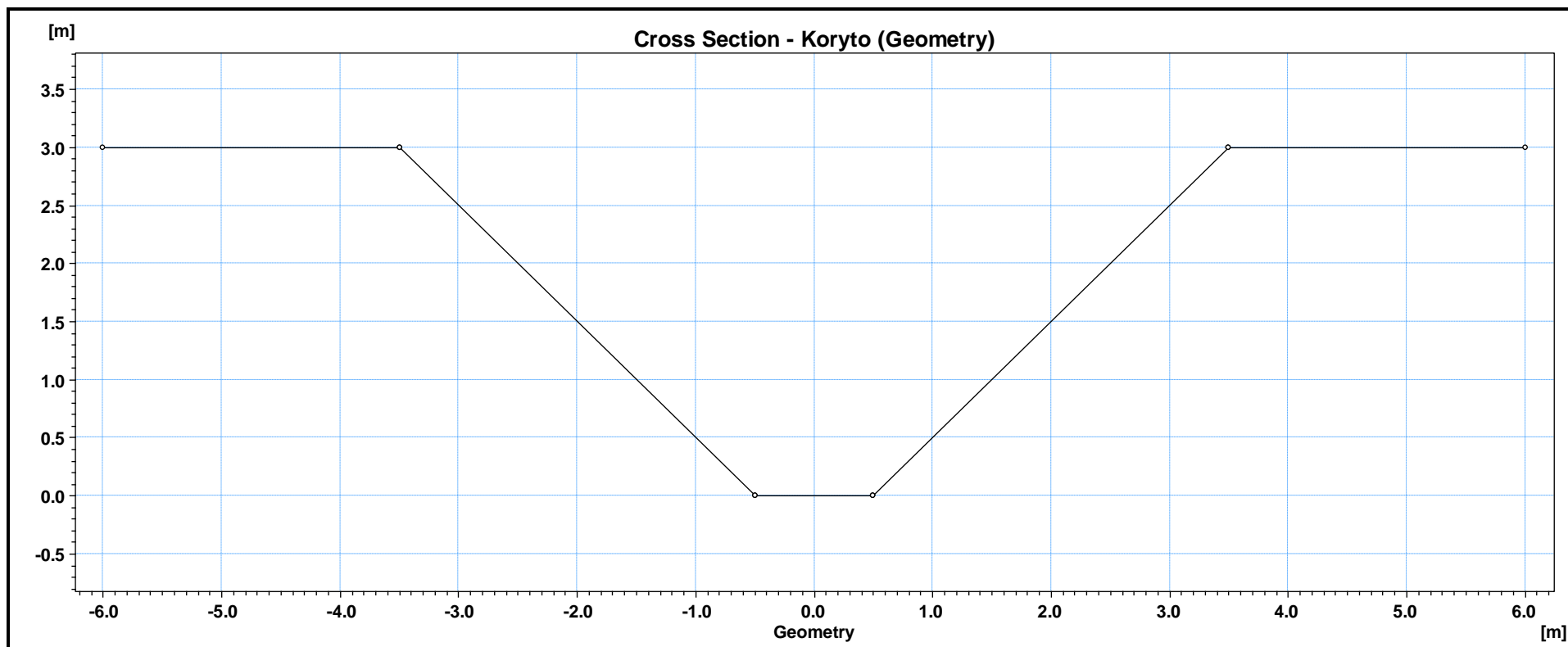
Obrázky 7: *Detail zaměrování nivelační latě a hrubé horizontace* (zdroj: autorka, 2014)

6.1.2 Dimenzování propustku

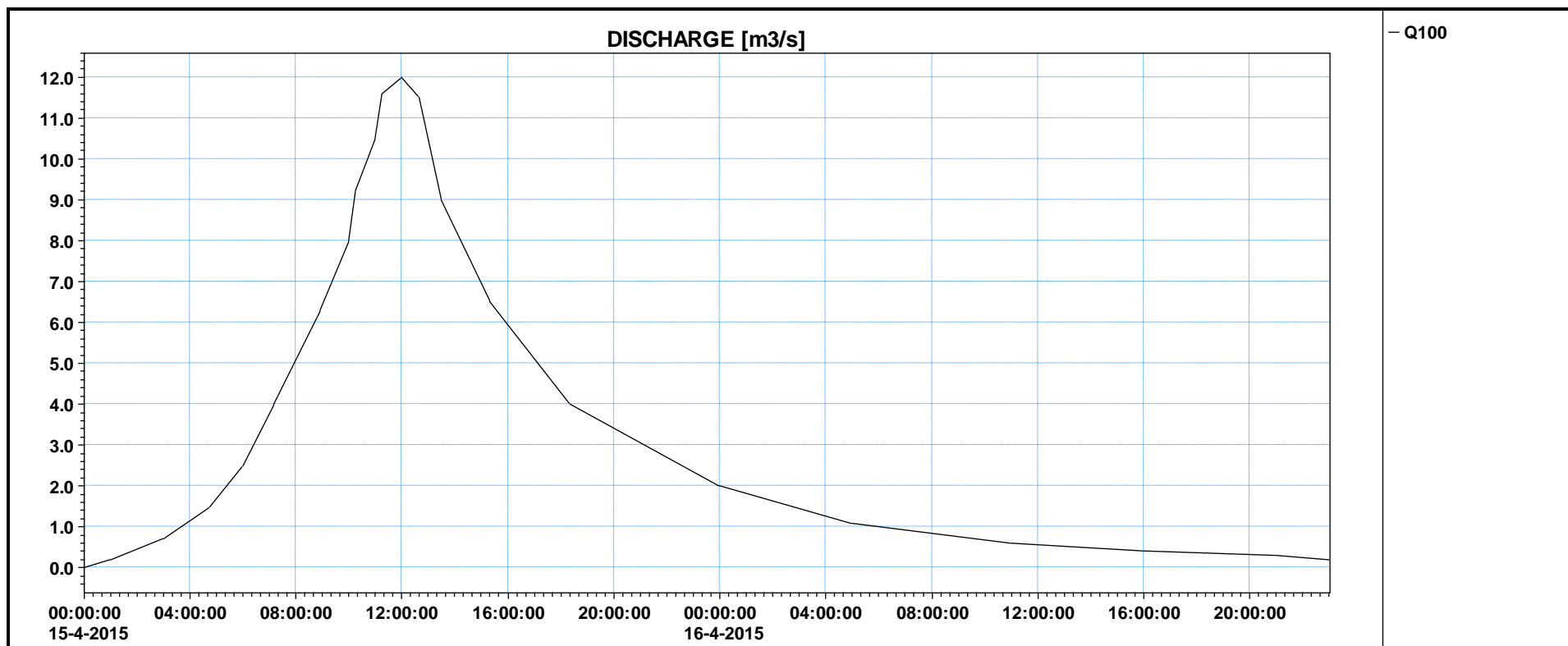
Dimenzování propustku bylo provedeno v simulačním modelu MOUSE. Nejprve bylo využito hodnot geodetického zaměření a to konkrétně výšek před propustkem, výšky propustku a výšek za propustkem. Pro náčrt topologie trasy toku byly použity mapy.cz a pořízená fotodokumentace z pochůzky v terénu. Od ČHMÚ byly zajištěny údaje N-letých průtoků na Mřenkovém potoce (viz tabulka 9). Světlost propustku byla zjištěna přímo v terénu změřením (DN 800). Jelikož je dno propustku, koryta před i za propustkem odlišné, bylo nutné zvolit drsnostní součinitele dle Manninga odlišnými hodnotami. Z důvodu odlišnosti koryt byl odborně navržen lichoběžníkový tvar koryta o šířce 1 m ve dně a sklony břehů 1:1. Následovalo zadání získaných vstupních dat do softwarového nástroje MOUSE (topologie, hydrologie a hydraulika). Byla provedena kontrola chyb, popřípadě jejich oprava a odladění modelu. Poté byly spuštěny výpočty z hydrogramů povodňových vln. Dále byla zpracována škála variantních výpočtů pro úplnou řadu hydrogramů. Nakonec byly vyhodnoceny výpočty a uskutečněná selekce grafických výstupů z MIKE view.



Obrázek 8: Výchozí schéma topologie trasy toku přes propustek (červeně vyznačen) v programu MOUSE (zdroj: autorka, 2015)



Obrázek 9: Výchozí odborně navržené koryto toku v programu MOUSE (zdroj: autorka, 2015)



Obrázek 10: Výchozí hydrogram povodňové vlny při $Q_{100} = 12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (zdroj: autorka, 2015)

Pro návržení světlosti propustku, která by převedla velké vody N-letých průtoků, bylo nutné simulovat modely podélných profilů z hydrogramů povodňových vln Q_1 , Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} (viz přílohy 2 – obrázky 1 až 6).

6.1.3 Návrh protierozních opatření

Pro návrh protierozních opatření je zapotřebí stanovení dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí (G), pro kterou se musely nejprve určit faktory R, K, L, S, C a P. Pro relativně nej přesnější stanovení erozních faktorů je nezbytné znát širší souvislosti v zájmovém území týkající se přírodních poměrů i možných protierozních opatření.

Pro faktor erozní účinnosti z přívalového deště (R) byla užitá průměrná hodnota 40 MJ. ha⁻¹. cm. h⁻¹. Hodnota faktoru K byla stanovena prostřednictvím kódu BPEJ podle hlavní půdní jednotky HPJ, tedy čísla na druhém a třetím místě kódu BPEJ uvedených v tabulce 1. Topografický faktor byl určen z mapy zájmového území, které bylo z dílčí části rozděleno na 5 erozně uzavřených celků (EUC). V každém EUC byly zakresleny odtokové linie (spádnice) vedené kolmo na vrstevnice. Na základě těchto linií byly zjištěny jejich délky, převýšení a z nich se vypočítal sklon svahu (přílohy 3 – mapa). Hodnota faktoru L a S byla zjištěna po dosazení do vzorců i následný výpočet těchto faktorů LS byl dosazen do vzorce, který je vyjádřen v kapitole 4.1.1. Pro potřeby práce byla nepřerušovaná délka svahu zakreslena a zjištěna pomocí programu ArcGIS. Pro konečné výpočty byla vybrána z erozně uzavřeného celku ta trasa odtokové linie, která měla nejvyšší hodnotu součinu LS. Hodnota faktoru C byla stanovena procentuálním zastoupením plodin na řešených dílčích částech, na základě váženého průměru byl faktor ochranného vlivu vegetace určen hodnotou C = 0,391 (viz přílohy 1 - tabulka 1). Aby se pro návrh protierozních průlehubů snížil faktor C, byl sestaven osevní postup na 5 let. Rozložení plodin vycházelo z Norfolkského systému. Pro sestavení byly zapotřebí hodnoty v tabulce 3, 4, 5 a 6. Doposud nebyly vybudovány žádná protierozní opatření, a proto se za faktor účinnosti protierozních opatření (P) dosadila hodnota 1. Z hodnoty BPEJ a podle tabulky 7 bylo zjištěno, že se v zájmovém území nacházejí půdy středně hluboké až hluboké a z toho vyplynulo, že přípustná ztráta půdy vodní erozí (G_p) je 4 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Po určení všech faktorů, potřebných k výpočtu dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí (G) v t.ha⁻¹.rok⁻¹, byly dosazeny do rovnice $G = R * K * L * S * C * P$. Stupeň eroze pro každou odtokovou linii v jednotlivých EUC se zjistí porovnáním hodnot G a G_p. Z každého erozně uzavřeného celku byla vybrána odtoková linie s největším smyvem. Na základě porovnání průměrné dlouhodobé roční ztráty půdy s přípustnou ztrátou půdy vlivem vodní eroze bude navrženo nejvhodnější protierozní opatření. Taková opatření by měla snížit výskyt vodní eroze nebo její následky zmírnit

na co nejmenší možnou míru. Jako protierozní opatření byly zvoleny průlehy na každém erozně uzavřeném celku a určen jejich počet dle výpočtů v Excelu.

6.1.4 Návrh organizačních a agrotechnicko-vegetačních opatření

Tento návrh agrotechnických opatření vychází z návrhu v bakalářské práci Evy Grossové. Hlavní zásada návrhu je minimalizovat období, kdy je půda bez vegetačního krytu.

Na zemědělsky využívaných pozemcích v povodí Mřenkového potoka je nezbytné doplnit navrhovanou protierozní ochranu v podobě průlehů agrotechnickými protierozními opatřeními. Navrhnutá opatření musí odpovídat členitosti reliéfu krajiny a vést ke zmenšení činnosti eroze přívalových vod.

Návrhem protierozního osevňového postupu se sníží faktor ochranného vlivu vegetace (C) a je vhodný z hlediska ochrany a zachování úrodnosti půdy. Jde o rozmístění zemědělských kultur do honů tak, aby se pravidelně za určitý počet let vystřídal. Při správném použití jsou osevňové postupy významným prostředkem k ochraně půdy před erozí. Skladba osevňových postupů se však musí volit tak, aby se v rotaci vyskytovalo co nejvíce plodin s ochranným účinkem, jímž se vyznačují pícniny, zejména vojtěška a trávy. Ochranný účinek osevňových postupů je přímo úměrný podílu, který v nich zaujímají několikaleté pícniny. Ohrožení orné půdy erozí zvyšují plodiny okopaninového typu s nedostatečným ochranným účinkem. Jelikož jsou produkty kukuřice součástí krmiv živočišné výroby, nemůže být kukuřice vyloučena z osevňového postupu a bylo by dobré doplnit ochranu proti vodní erozi ochranným obděláváním.

Technologie ochranného obdělávání spočívá v uchování co největšího množství posklizňových zbytků po předplodinách na povrchu půdy vytvářením tzv. nastýlky, neboli mulče a nepoškození půdního profilu. Ochranný účinek závisí na stupni pokrytí půdy mulčem, výšce a rovnoměrnosti mulče. Z možných variant aplikací ochranného obdělávání lze využít:

- přímé setí do mulče z rostlinných zbytků předplodin, např. výsev kukuřice bezorebným secím strojem do rostlinných zbytků předplodiny,
- přímé setí do přezimující a vymrzající meziplodiny, např. výsev kukuřice do přemrznuté hořčice bílé,

- setí do mulče meziplodin, např. výsev kukuřice bezorebným secím strojem do mulče žita setého,
- výsev ochranné podplodiny v pásech a meziřádcích (podsev), např. vhodný pro zasetí obilných pásů po vrstevnici je ječmen ozimý, dále setí kukuřice současně do půdy tradičně zpracované s ochrannou podplodinou v meziřadí (žito ozimé).

Pásové střídání plodin využívá ochranného účinku vegetace před erozí a jejího příznivého vlivu na vřak vody do půdy. Spočívá ve střídání pásů s plodinami nedostatečně chránícími půdu před erozí – chráněných pásů (okopaniny, obiloviny) s ochrannými pásy (travní porosty), jež chrání plodinový pás ležící níže. Plodinové pásy, které mají zabránit vodní erozi, se musí střídat tak, aby srážková voda stékající z pásu s plodinami s nedostatečnou protierozní odolností byla zachycena na ochranném pásu a vsákla se do půdy.

Půdy, které jsou výrazně ohroženy erozí a nelze je velkovýrobně obhospodařovat a ani je není účelné zalesnit, by měly být trvale zatravněny. Trvale se zatravnějí i nepravidelné územní útvary v polních tratích ohrožené erozí.

Určitým způsobem jak přispět k ochraně půdy před erozí je vrstevnicové obdělávání. Spočívá v setí nebo sázení po vrstevnicích a orba prováděná po vrstevnicích nebo s odklonem od vrstevnic otočnými pluhy, které překlápějí půdu proti svahu. Podstatné je také zvyšování obsahu humusu a zlepšování struktury půdy.

K realizaci protierozních opatření v oblasti organizace půdního fondu by měly přispět komplexní pozemkové úpravy.

7 VÝSLEDKY

7.1 NIVELACE TRASY TOKU PŘES PROPUSTEK

Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci

Číslo bodu	Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu stroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
	přestavového	bočného			přestavového	určeného bočného	
37		0786 ⁺²		214,458	213,348		Ocd - 37
		1201			212,957		
		2016 ⁺²		214,955			
		0639			214,316		
		2495 ⁺²		216,813			
		0779			216,034		
		2462 ⁺¹		213,497			
C			3382			215,145	DNO NAD PROPUSTKEM
D2			3545			214,952	DNO POD PROPUSTKEM
D1			1885			216,612	VŘCH POTRUBÍ - POD PROPUSTKEM
E			4050			214,447	KEŠLA - DNO
		0859			217,638		
		2300 ⁺¹		219,939			
		1010			213,929		
		2981 ⁺²		221,712			
		0248			224,664		
		2580 ⁺²		224,246			
		0548			223,698		
		2397 ⁺²		226,097			
A1			0597			225,500	BETON (- 32 cm VŘCH POTRUBÍ)
B1			0742			225,355	BETON (- 95 cm VŘCH POTRUBÍ)
		0605			225,492		ŠACHTA NAD PROPUSTKEM
		1085 ⁺¹		226,578			
A3			2655			223,923	DNO NAD PROPUSTKEM
A2			1850			224,728	VŘCH POTRUBÍ NAD PROP.
B3			2935			223,643	DNO POD PROPUSTKEM
B2			2153			224,426	VŘCH POTRUBÍ - POD PROP.
		1955			224,623		
		0370 ⁺¹		224,995			
		2409			222,386		
		0940 ⁺¹		223,527			
		2485			221,042		
		0730 ⁺²		221,724			
		2445			219,329		
		0887 ⁺¹		213,217			
		2130			218,087		
		1030 ⁺¹		219,113			
		2165			216,953		
		1000 ⁺¹		217,954			
		2033			215,927		
		0827 ⁺²		216,520			
		1937			214,375		
		0685 ⁺²		217,508			
		2275			213,225		
		1003 ⁺¹		214,279			38740m
		1758			212,477		
		0975 ⁺¹		213,447			
37.1		1240		212,207	212,207		Ocd 37.1 L
		27,551	28,721	$\Delta h =$	-1,141	$\Delta h = 49 \text{ mm}$	$r = 1,520 \text{ km}$ $\Delta h = 40 \text{ f}$
			1,170	$uh =$	0,029		MĚŘENO: 8/11/2014
							VÝPOČETLA: Bc. EVA GROSSOVÁ

Geodézie 3.39 - 1971

CVUT v Praze

Obrázek 11: Zápisník nivelace trasy toku přes propustek (zdroj: autorka, 2014)

Na základě provedené technické nivelace byly zjištěny výškové body dna u vtoku do propustku a výtoku z propustku. Dno propustku u vtoku se nachází 223,9 metrů nad mořem a dno u výtoku 223,6 metrů. Získané hodnoty byly využity k simulaci modelů N-letých průtoků přes propustek v softwaru MOUSE.

7.2 DIMENZACE PROPUSTKU

Skutečnost, že propustek na Mřenkovém potoce kapacitně nevyhovuje pro velké průtoky, ukázaly povodně v roce 2010 a tento fakt byl již zmíněn v bakalářské práci Evy Grossové z roku 2013.

Podkladem pro zjištění světlosti propustku, s kterou bezpečně převede vysoké špičky povodňových vln s rychlou kulminací, byly simulační modely podélných profilů propustku. Modely byly vytvořeny pro jednotlivé N-leté průtoky.

Podle simulačních modelů podélných profilů s průběhy hladin bylo zjištěno, že nynější světlost propustku DN 800 pojme maximálně průtok $Q_2 = 2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (viz obrázek 13). Jednotlivé simulace byly prohlédnuty v MIKE view. Po spuštění simulace se zvedá hladina vody až po určený průtok N-leté vody. Na jednotlivých podélných profilech je znázorněná hranice daného N-letého průtoku červenou čarou, tzv. obalová křivka maximálních hladin. V horní části grafu jsou uvedené hodnoty objemu průtoku, které protékají jednotlivými úseky navrženého koryta toku přes propustek.

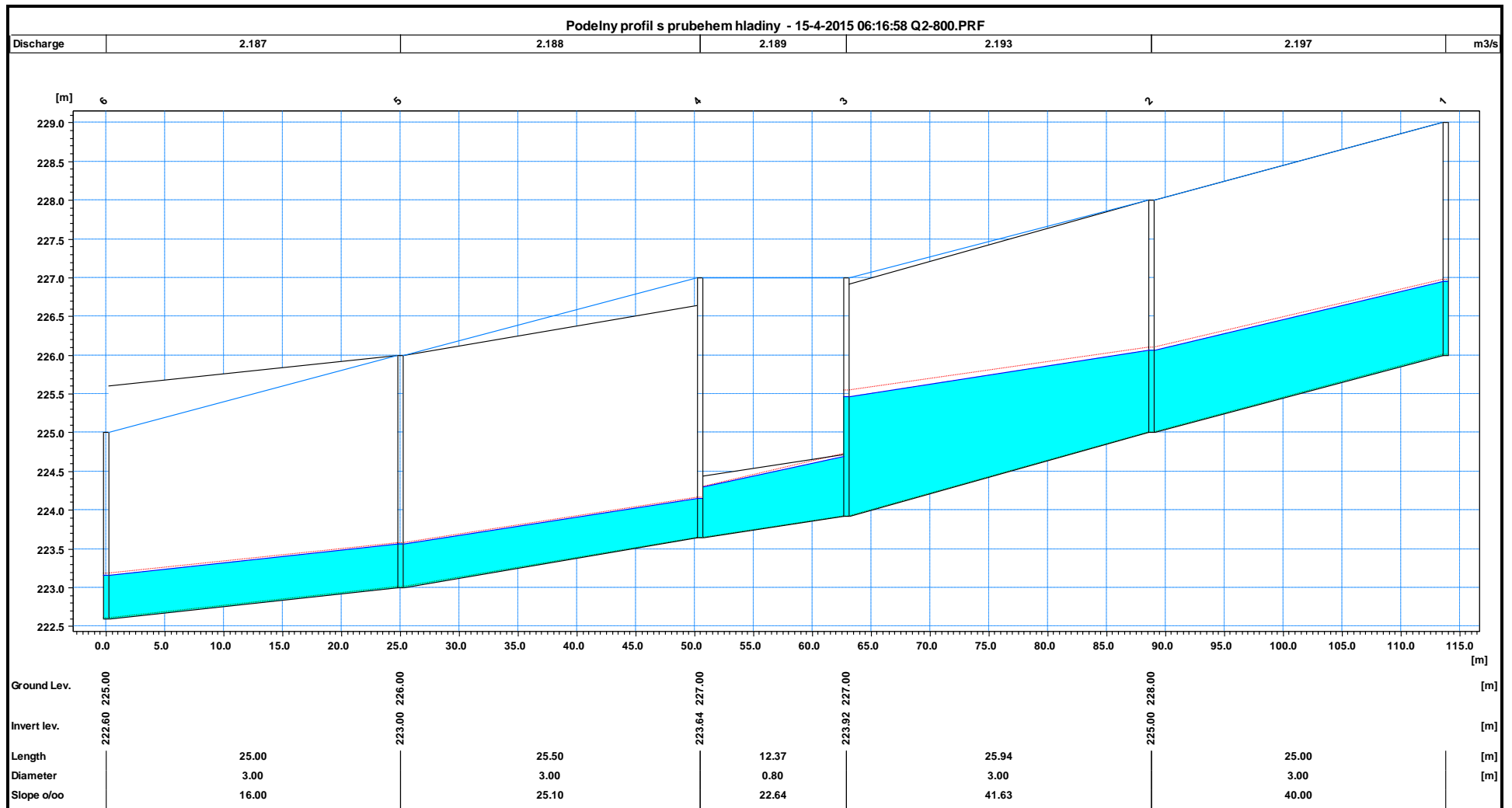
Při $Q_{100} = 12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a propustku DN 800, dojde k vzduť přítokové vlny před propustkem a zvýšení hladiny vody nad kapacitu koryta s následným vylitím na komunikaci (obrázek 14). Další podélné profily s průběhy hladin dílčích N-letých průtoků jsou v příloze 2, na kterých můžeme vidět změny N-letých vod protékajících propustkem DN 800. Je vidět, že vodu Q_1 (přílohy 2 - obrázek 7) pojme propustek bez problémů, ale průtok Q_5 (přílohy 2 - obrázek 8) je už nad kapacitu propustku.

Na základě propočtů byl propustek navržen na DN 1500, který je schopen převést stoletou vodu (obrázek 15).

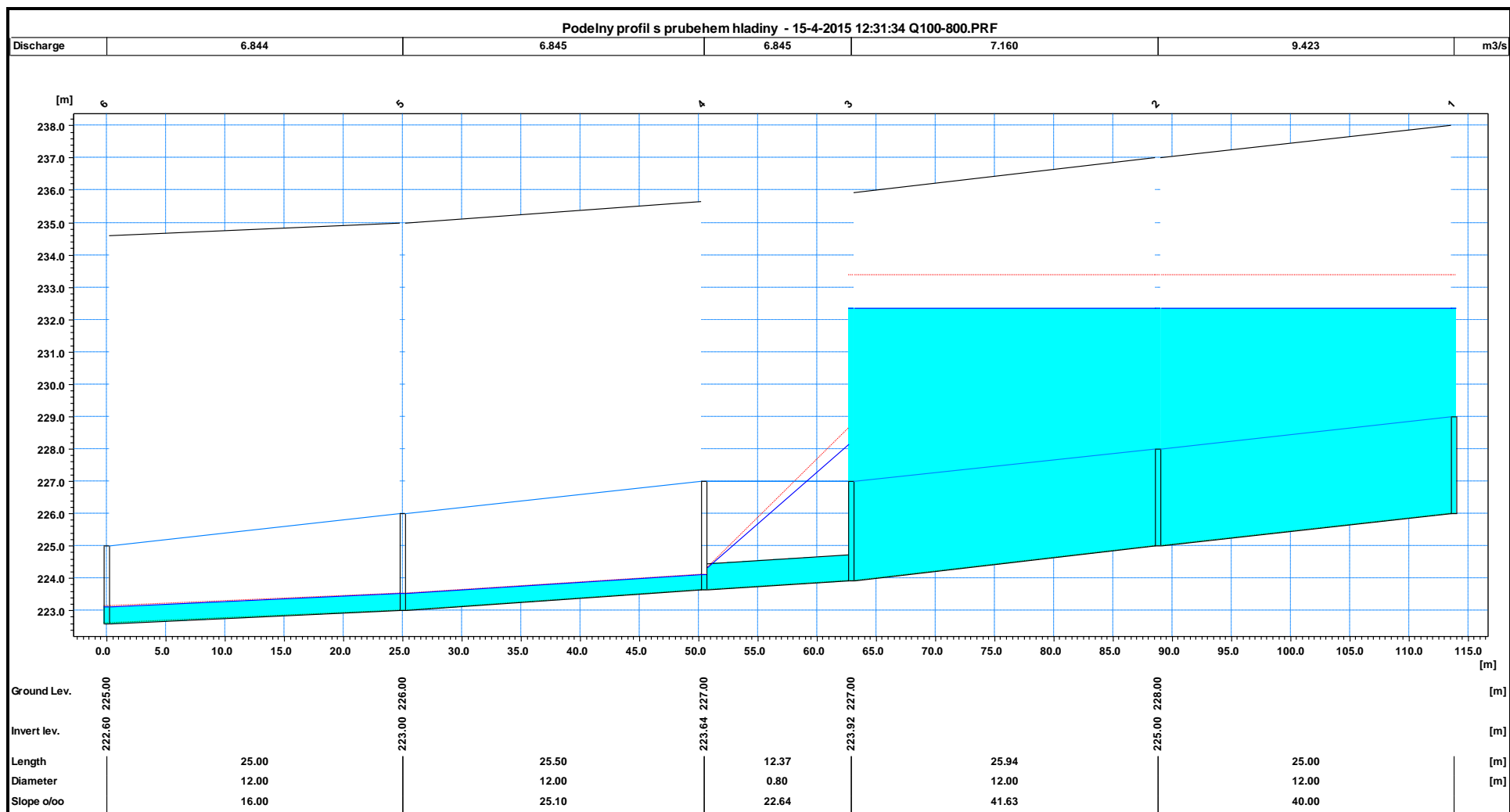
Objemy povodňových vln se vzhledem k N-letým průtokům liší. Na obrázku 16 vidíme skutečný stav vlny o objemu $461\,142 \text{ m}^3$ při Q_{100} na výtoku z propustku. Další průtokogramy jsou v příloze 2.



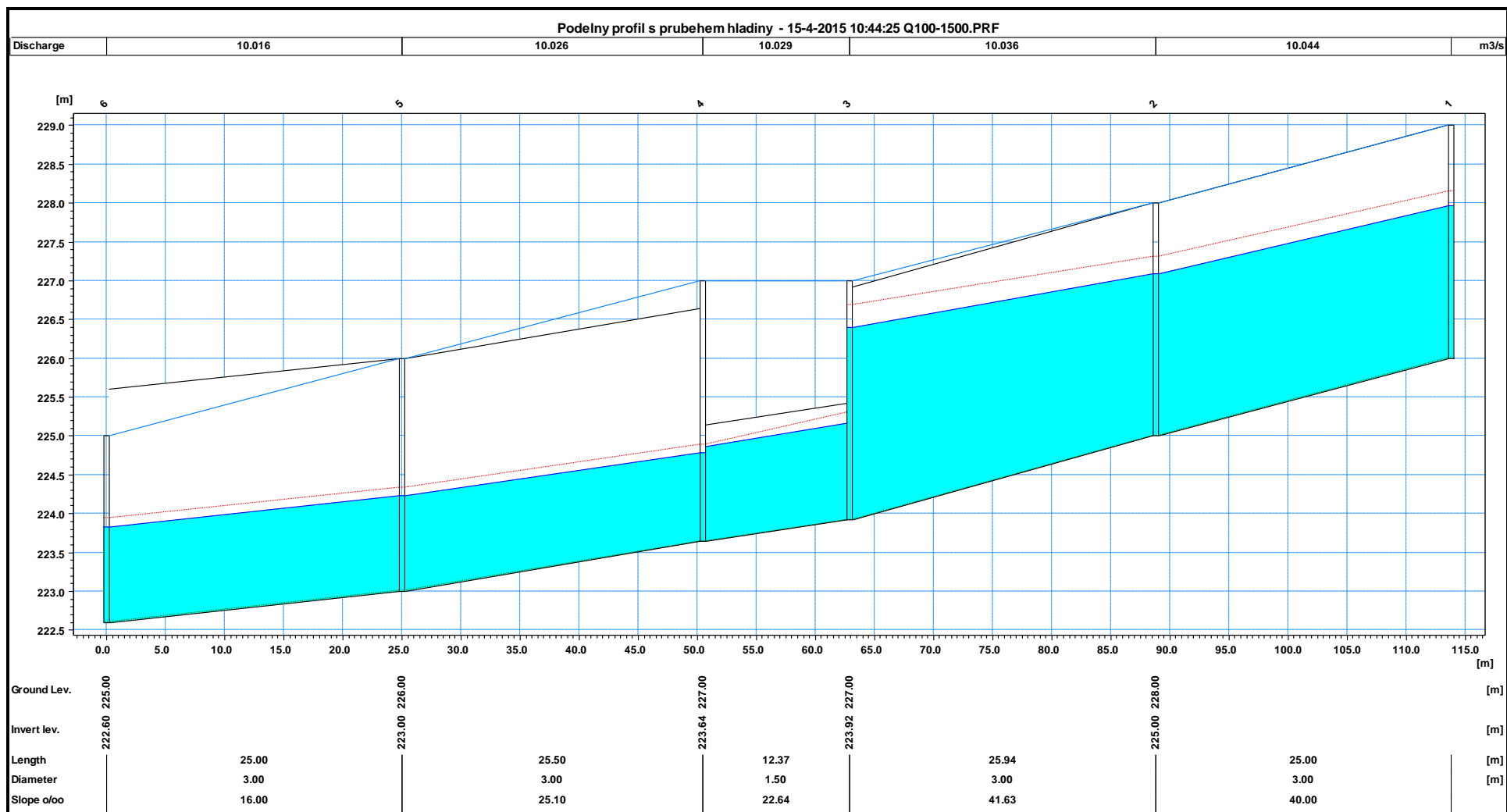
Obrázky 12: *Nekapacitní propustek DN 800* (zdroj: autorka, 2015)



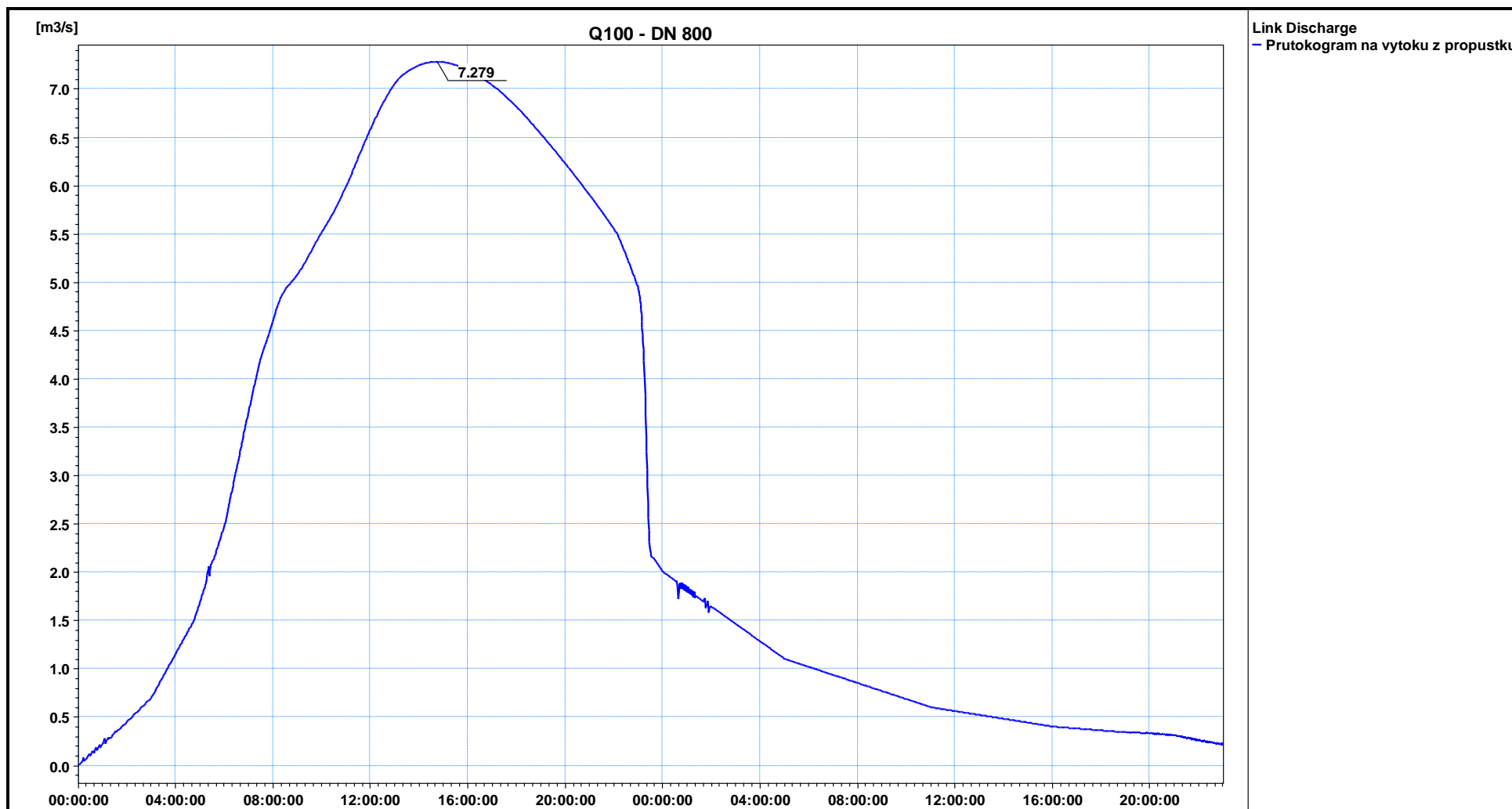
Obrázek 13: Podélný profil s průběhem hladiny při Q_2 přes propustek DN 800 (zdroj: autorka, 2015)



Obrázek 14: Podélný profil s průběhem hladiny při Q_{100} přes propustek DN 800 (zdroj: autorka, 2015)



Obrázek 15: Podélný profil průběhu hladiny při Q_{100} s navrženým propustkem DN 1500 (zdroj: autorka, 2015)



Obrázek 16: Průtokogram na výtoku z propustku při $Q_{100} = 7,279 \text{ m.s-1}$ (zdroj: autorka, 2015)

7.3 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

Protierozní ochrana v dílčí části povodí je založena na systému protierozních průlehů doplněnými vhodnou agrotechnikou a návrhu osevního postupu na 5 let. Nutnost vybudování protierozních opatření uvádí tabulka 12 s výpočty průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí bez jakékoliv ochrany. Stupeň eroze je ve čtyřech EUC (I, III, IV, V) silný a v jednom (II) se jedná o erozi velmi silnou.

Záměrem navržení osevního postupu (tabulka 11) bylo snížení faktoru C z 0,392 na 0,166. V prvním sloupci tabulky je uveden měsíc a ve druhém procentuální zastoupení faktoru R vždy k určitému měsíci (%R). V dalším sloupci jsou uvedeny pěstované plodiny, pod kterými je sloupec rozdělen na 3 části: pěstební období, příslušná hodnota faktoru C dle pěstované plodiny k danému pěstebnímu období a součin dílčího faktoru C s procentuálním zastoupením faktoru R (%R.C). Hodnota faktoru C za celý rok jednotlivých plodin se získala součtem všech hodnot ve sloupci %R.C a podělila se 100. Aritmetickým průměrem všech plodin byla získána cílová průměrná hodnota faktoru C 0,166. S novou hodnotou faktoru C a zjištěním přípustné délky svahu, se v tabulce 12 změnil faktor L a celkově se snížila průměrná dlouhodobá ztráta půdy až na stupeň eroze 1 (tabulka 13).

Vzhledem ke sklonitému ohrožovanému území vodní erozí jsou navrženy průlehy podle přípustné délky svahu a délky odtokové linie (spádnice). Průlehy budou široké 2 m a obdělávané. Návrh se provedl od vrchu odtokové linie a to tak, že se vzala hodnota přípustné délky svahu a za ní se dal rozměr průlehu (2 m). Pokračovalo se až po místo, kde vzdálenost k údolnici byla menší jak přípustná délka svahu.

Tabulka 10: Navržený počet průlehů v jednotlivých EUC

EUC	navržený počet průlehů
I	28
II	7
III	6
IV	24
V	10

(zdroj: autorka, 2015)

Tabulka 11: Navržený pětihonný osevní postup

Měsíc	% R	vojtěška			vojtěška			pšenice ozimá			kukuřice			ječmen jarní		
		obd.č.	C	% R.C	obd.č.	C	% R.C	obd.č.	C	% R.C	obd.č.	C	% R.C	obd.č.	C	% R.C
IV.	0,005		0,02	0,0001		0,02	0,0001	3	0,3	0,0015	1	0,61	0,001525	2	0,75	0,001875
											2	0,61	0,001525	3	0,5	0,00125
V.	0,07		0,02	0,0014		0,02	0,0014	4	0,05	0,0035	2	0,61	0,02135	3	0,5	0,0175
											3	0,61	0,02135	4	0,08	0,0028
VI.	0,268		0,02	0,00536		0,02	0,00536	4	0,05	0,0134	3	0,61	0,08174	4	0,08	0,01072
											4	0,61	0,08174		0,02	0,00268
VII.	0,322		0,02	0,00644		0,02	0,00644	4	0,05	0,00805	4	0,61	0,19642		0,02	0,00644
								5s	0,2	0,0322						
VIII.	0,311		0,02	0,00622		0,02	0,00622	5s	0,2	0,0622	4	0,61	0,18971		0,02	0,00622
IX.	0,02		0,02	0,0004		0,02	0,0004	5s	0,2	0,004	4	0,61	0,0122		0,02	0,0004
X.	0,004		0,02	0,00008	2	0,55	0,0022	1	0,7	0,0028	1	0,61	0,00244		0,02	0,00008
Celoroční C		0,020			0,022			0,128			0,610			0,050		
Průměrná hodnota C za celý osevní postup: 0,166																

(zdroj: autorka, 2015)

Tabulka 12: Průměrná dlouhodobá ztráta půdy bez protierozních opatření

EUC	Spádnice	Výměra EUC (ha)	l (m)	h (m)	R	K (t. ha-1. rok-1)	LS	C	P	G (t. ha-1. rok-1)	Gp (t. ha-1. rok-1)	Stupeň eroze	Eroze celkem (t)
I	a	190,52	1282	94	40	0,38	2,85	0,39	1	17,09	4	4	3256,69
II	a	13,88	315	19	40	0,47	1,43	0,39	1	10,64	4	3	147,65
III	a	6,97	174	18	40	0,49	2,55	0,39	1	19,54	4	4	136,21
IV	a	49,47	657	63	40	0,48	3,54	0,39	1	26,56	4	4	1314,09
V	b	24,01	279	29	40	0,47	3,03	0,39	1	22,49	4	4	540,04
		Σ 284,852										Σ 5394,68	

(zdroj: autorka, 2015)

Tabulka 13: Průměrná dlouhodobá ztráta půdy s protierozními opatřeními

EUC	Spádnice	Výměra EUC (ha)	R	K (t. ha-1. rok-1)	lp	L	S	LS	C	P	G (t. ha-1. rok-1)	Gp (t. ha-1. rok-1)	Stupeň eroze	Eroze celkem (t)
I	a	190,52	40	0,38	42,42	1,92	0,82	1,57	0,166	1	3,96	4	1	755,12
II	a	13,88	40	0,47	41,36	1,87	0,68	1,27	0,166	1	4,00	4	1	55,51
III	a	6,97	40	0,49	22,15	1,00	1,23	1,23	0,166	1	4,00	4	1	27,88
IV	a	49,47	40	0,48	25,23	1,14	1,10	1,26	0,166	1	4,00	4	1	197,89
V	b	24,01	40	0,47	22,77	1,03	1,24	1,27	0,166	1	4,00	4	1	96,05
		Σ 284,852											Σ 1132,45	

(zdroj: autorka, 2015)

8 DISKUZE

Velké vody spolu s erozním smyvem z obhospodařovaných pozemků v povodí Mřenkového potoka zasáhly Ivančice v roce 2010 hned čtyřikrát (12. 6., 18. 6., 24. 6. a 7. 8.). Škody způsobené přívalovými srážkami zasáhly až do intravilánu města Ivančice. V současné době nebyla doposud realizována žádná opatření ve smyslu protipovodňové ani protierozní ochrany v řešeném území.

Zvýšené orniční splachy způsobené vytvořením velkých zemědělských honů s nevhodně zvolenou agrotechnikou plodin na svažitéch pozemcích také přispívají k ohrožení intravilánu povodněmi. Povodí Mřenkového potoka je z cca 50 % plochy se spádovými poměry nad 10 %, i když je částečně zalesněné. Osevní postupy vykazující osev jednotlivých honů monokulturou, především pěstování širokořádkové plodiny kukuřice, která je negativním prvkem vzhledem k odtoku povrchových vod.

Co se týče účinnosti protierozních opatření s ohledem k ochraně půdy, má jistě nejvyšší účinnost ochranné zatravnění nebo zalesnění. Na takto chráněných plochách dále nedochází k nežádoucímu eroznímu smyvu. Jelikož není možné tento systém uplatnit na veškeré orné půdě, jsou volena agrotechnická opatření v podobě setí do mulče, s podsevem, do strniště; bezorebný způsob hospodaření s využitím mělké podmítky apod., kdy se nejen omezí erozní procesy, ale zároveň se podpoří vsak vody do půdy.

S ohledem na protipovodňovou ochranu a eliminaci škodlivého působení srážkových vod je zatravnění nebo šetrný způsob obdělávání nedostatečné, protože nemohou významně ovlivnit povrchový odtok při extrémních přívalových srážkách. V takovém případě se více uplatní technické protierozní prvky (liniové prvky), které jsou schopny odvést extrémní odtoky mimo kritické profily a zabránit vzniku škod nejen na zemědělské půdě, ale i v intravilánech obcí. Navržené liniové prvky (průlehy) je vhodné zaústit do ochranných retenčních nádrží (poldrů), kde postupně dochází k usazování sedimentů a spodní části povodí již nejsou zatěžovány nežádoucími splaveninami. Návrh protipovodňových opatření v podobě poldrů byl řešen v bakalářské práci Evy Grossové na základě Projektové dokumentace z roku 1998 s názvem Revitalizace Mřenkového potoka.

Naopak z hlediska čisté ochrany půdy před erozí na pozemku jsou protierozní průlehy, příkopy a meze nejméně účinné, jelikož výhradně rozdělí pozemek na menší díly, tím zabrání rozšíření eroze ve spodních částech pozemku. Avšak půda pod a nad prvkem není chráněna proti erozi, pokud není uplatněno další protierozní opatření.

V projektech komplexních pozemkových úprav je nezbytné zvážit navrhovaný druh protierozních opatření podle stupně ohroženosti pozemku, jeho tvaru a sklonu. V případě, když není potřebné, funkční nebo proveditelné rozdělení pozemku technickým protierozním opatřením, navrhuje se opatření agrotechnického charakteru. Veškeré návrhy je nutné projednat s hospodařícím subjektem, je-li schopný realizovat navržená opatření. Zásadním problémem je, že doporučená agrotechnická opatření nelze právně vynutit a ani kontrolovat jejich dodržování.

Jedním z největších problémů při povodních se zdá nekapacitní propustek kruhového profilu pod vozovkou, který má světlost DN 800 a délku cca 12 370 mm. Na tento negativní prvek bylo již poukázáno autorkou v bakalářské práci. Při přívalových deštích nezvládá propustek pojmout velké vody a zanášením splaveninami z přilehlých pozemků dochází k jeho ucpání s následným vylitím vody na komunikaci.

Provedené simulace modelů N-letých průtoků přes propustek poukázaly na fakt, že propustek o světlosti DN 800 je schopen bezpečně převést pouze povodňové průtoky z povodí Mřenkového potoka při $Q_2 = 2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Propustek musí být kvůli převedení velkých vod při $Q_{100} = 12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dimenzován na světlost DN 1500. Pouhá dimenzace propustku nevyřeší problém povodňových průtoků vytvářející zátopy v intravilánu města Ivančice, zrychleného odtoku povrchových vod a zvýšeného erozního smyvu z dílčí části povodí. Nadimenzování propustku musí být doplněno návrhem technických protierozních opatření v podobě liniových prvků (průlehů) a agrotechnických opatření spočívající v ochranném obdělávání, apod.

Vedle pozitivního vlivu z hlediska protipovodňové ochrany je realizací protierozních opatření zřetelně omezen erozní smyv a transport splavenin. Vhodně vybudovaná protierozní a protipovodňová opatření také snižují objem povrchového odtoku. Zpomalují rychlost stékající vody po povrchu a zvyšují infiltraci povrchové vody do svrchní vrstvy půdy a po návrhu doprovodných organizačních a agrotechnických

protierozních opatření při omezení pěstování širokořádkových plodin bez ochranného zpracování půdy bude zvýšena retenční schopnost krajiny.

9 ZÁVĚR

Diplomová práce na téma „Návrh studie protipovodňových a protierozních opatření v povodí Mřenkového potoka“ bylo vybráno z důvodu tematického pokračování bakalářské práce, jelikož vážnost nynější problematiky nebyla v zájmovém území doposud nijak řešena.

Tato práce se zaměřila na návrh studie protipovodňových a protierozních opatření v povodí Mřenkového potoka, který se nachází ve velice spáditém území a výskyt velkých vod i erozních smyvů byl zaznamenán již v předchozích letech.

Po zpracování rešerše týkající se protierozních a protipovodňových opatření se řešitelka po provedení rekognoskace věnovala nivelaci trasy toku přes propustek, která byla výchozí pro dimenzaci nekapacitního propustku. S ohledem na nadimenzování propustku byla navržena protierozní a protipovodňová opatření v podobě průlehub, které zachytí nadměrný srážkový odtok z přilehlých zemědělských ploch. Liniové prvky byly doplněny návrhem organizačních a agrotechnicko-vegetačními opatřeními.

Navržená protierozní a protipovodňová opatření povedou ke snížení ohroženosti intravilánu přívalovými srážkami a k výraznému omezení eroze na zemědělských pozemcích v katastru města Ivančice. Plného účinku bude dosaženo pouze za předpokladu, že budou realizována pokud možno v co nejkratší době, navržená organizační a agrotechnická opatření vlastníky a uživateli zemědělské půdy. Následně je nutná postupná realizace navržených technických opatření v oblasti organizace půdního fondu, ke které by měly přispět komplexní pozemkové úpravy. Problémem v realizaci navržených opatření se může jevit právě zajištění dalších opatření organizačního a agrotechnického charakteru, ze strany vlastníků a uživatelů pozemků. Dále si tato realizace opatření vyžádá nemalé finanční prostředky.

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literární zdroje:

DUB, O., NĚMEC, J.: *Hydrologie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury 1969. 378 s.

GROSSOVÁ, E.: Bakalářská práce: Studie protipovodňové ochrany na vybraném povodí. 2013. 64 s.

JANEČEK, M. a kolektiv: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Powerpoint 2012. 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9

JANEČEK, M. a kolektiv: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV nakladatelství Praha 2002. 201 s. ISBN 80-85866-86-2.

JŮVA, K., HRABAL, A., TLAPÁK, V.: *Malé vodní toky*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 256 s.

KADLEC, V. a kolektiv: *Navrhování technických protierozních opatření: metodika*. VÚMOP Praha 2014. 101 s. ISBN 978-80-8736-129-0.

KOLEKTIV AUTORŮ: *Ottův slovník naučný. Díl 8. Dřevěné stavby-Falšování*. Nakladatelství Praha J.Otto, 1894. 1039 s.

KOLEKTIV AUTORŮ: *Vzdělávací modul ochrana životního prostředí v oblasti půda*. Zemědělská a ekologická regionální agentura 2012. 158 s. ISBN 978-80-87226-15-5.

KONVIČKA, M. a kolektiv: *Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních*. Brno: ERA, 2002. 219 s. ISBN 80-86517-38-1.

KRAVKA, M. a kolektiv: *Úpravy malých vodních toků v krajině a lesnické meliorace*. MZLU v Brně 2009. 135 s. ISBN 978-80-7375-337-5.

KRAVKA, M. a kolektiv: *Základy lesnické a krajinářské hydrologie a hydrauliky*. MZLU v Brně 2009. 135 s. ISBN 978-80-7375-338-2.

MÁCHOVÁ, J., HOVORKA, P.: *Protipovodňová opatření*. Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie 2013. 169 s. ISBN 978-80-8709-617-8.

NEVOSÁD, Z., VITÁSEK, J.: *Geodézie III*. Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství VUTIUM 2000. 140 s. ISBN 80-214-1774-9.

NOVOTNÝ, I.: *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Praha: Ministerstvo zemědělství 2014, 73 s. ISBN 978-80-8736-133-7.

PODHRÁZSKÁ, J., DUFKOVÁ, J.: *Protierozní ochrana půdy*. MZLU v Brně 2005. 96 s. ISBN 80-7157-856-8.

PODHRÁZSKÁ, J. a kolektiv: *Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro snížení škodlivých účinků povrchového odtoku*. VÚMOP Praha 2009. 96 s. ISBN 978-80-904027-7-5

SMRČEK, L. a kolektiv: *Eroze půdy a protierozní ochrana půdy: sborník ze semináře*. Praha: Institut vzdělávání v zemědělství 2011. 53 s. ISBN 978-80-872-6211-5.

SOUKUP, M.: *Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy 2006. 108 s. ISBN 80-239-7643-5.

ŠLEZINGER, M.: *Revitalizace toků – příspěvek k problematice úprav vodních toků*. VUT v Brně 2010. 255 s. ISBN 978-80-214-3942-9.

TLAPÁK, V., HERÝNEK, J.: *Úpravy vodních toků a hrazení horských bystřin*. MZLU v Brně 2001. 150 s. ISBN 80-7157-551-8.

VRÁNA, K.: *Revitalizace malých vodních toků – součást péče o krajinu*. Consult Praha 2004. 60 s. ISBN 80-902132-9-4.

Internetové zdroje:

http://www.zemedelske-systemy.cz/sestavovani_op.pdf [citováno 20. 4. 2015]

http://download.arcdata.cz/doc/popis_sw/ArcGIS_10-1/Arcgis_desktop_101_web.pdf
[citováno 23. 4. 2015]

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: <i>Schéma dělení eroze</i> (zdroj: autorka, 2015)	21
Obrázek 2: <i>Schéma dělení povodně</i> (zdroj: autorka, 2015)	38
Obrázek 3: <i>Program ArcGIS</i> (zdroj: spatialvision.com)	53
Obrázek 4: <i>Program MOUSE</i> (zdroj: cordis.europa.eu)	54
Obrázek 5: <i>Mapa širších vztahů s vyznačeným zájmovým územím</i>	55
Obrázek 6: <i>Horizontace nivelační latě</i>	61
Obrázky 7: <i>Detail zaměrování nivelační latě a hrubé horizontace</i> (zdroj: autorka, 2014)	61
Obrázek 8: <i>Výchozí schéma topologie trasy toku přes propustek (červeně vyznačen) v programu MOUSE</i> (zdroj: autorka, 2015)	63
Obrázek 9: <i>Výchozí odborně navržené koryto toku v programu MOUSE</i> (zdroj: autorka, 2015)	64
Obrázek 10: <i>Výchozí hydrogram povodňové vlny při $Q_{100} = 12 \text{ m.s}^{-1}$</i> (zdroj: autorka, 2015)	65
Obrázek 11: <i>Zápisník nivelace trasy toku přes propustek</i> (zdroj: autorka, 2014)	69
Obrázky 12: <i>Nekapacitní propustek DN 800</i> (zdroj: autorka, 2015)	71
Obrázek 13: <i>Podélný profil s průběhem hladiny při Q_2 přes propustek DN 800</i> (zdroj: autorka, 2015)	72
Obrázek 14: <i>Podélný profil s průběhem hladiny při Q_{100} přes propustek DN 800</i> (zdroj: autorka, 2015)	73
Obrázek 15: <i>Podélný profil průběhu hladiny při Q_{100} s navrženým propustkem DN 1500</i> (zdroj: autorka, 2015)	74
Obrázek 16: <i>Průtokogram na výtoku z propustku při $Q_{100} = 7,279 \text{ m.s}^{-1}$</i> (zdroj: autorka, 2015)	75

12 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ</i>	46
Tabulka 2: <i>Hodnoty exponentu sklonu svahu m v závislosti na sklonu svahu a poměru rýžkové eroze k erozi plošné</i>	47
Tabulka 3: <i>Průměrná data setí a sklizně jednotlivých výrobních oblastí</i>	49
Tabulka 4: <i>Průměrné rozdělení faktoru R přívalových dešťů do měsíců vegetačního období v ČR</i>	49
Tabulka 5: <i>Hodnoty faktoru C ochranného vlivu vegetace a způsobu obdělávání</i>	50
Tabulka 6: <i>Průměrné hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny</i>	51
Tabulka 7: <i>Přípustná ztráta půdy vodní erozí (zdroj: Janeček a kol., 2012)</i>	51
Tabulka 8: <i>Stupně ohroženosti půdy vodní erozí</i>	52
Tabulka 9: <i>N-leté průtoky v povodí</i>	59
Tabulka 10: <i>Navržený počet průlehů v jednotlivých EUC</i>	76
Tabulka 11: <i>Navržený pětihonný osevní postup</i>	77
Tabulka 12: <i>Průměrná dlouhodobá ztráta půdy bez protierozních opatření</i>	78
Tabulka 13: <i>Průměrná dlouhodobá ztráta půdy s protierozními opatřeními</i>	78

PŘÍLOHY

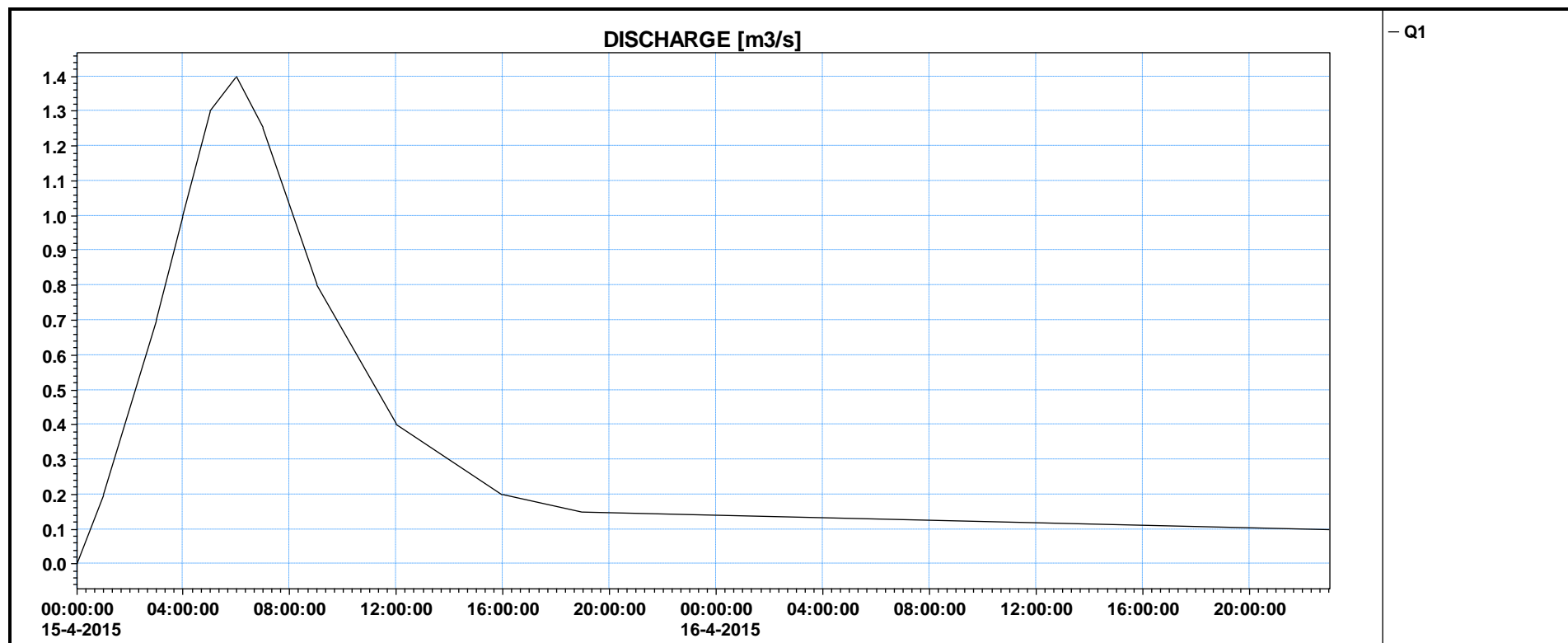
PŘÍLOHY 1 - TABULKY

Tabulka 1: *Vážený průměr procentuálního zastoupení plodin, hodnota faktoru C*

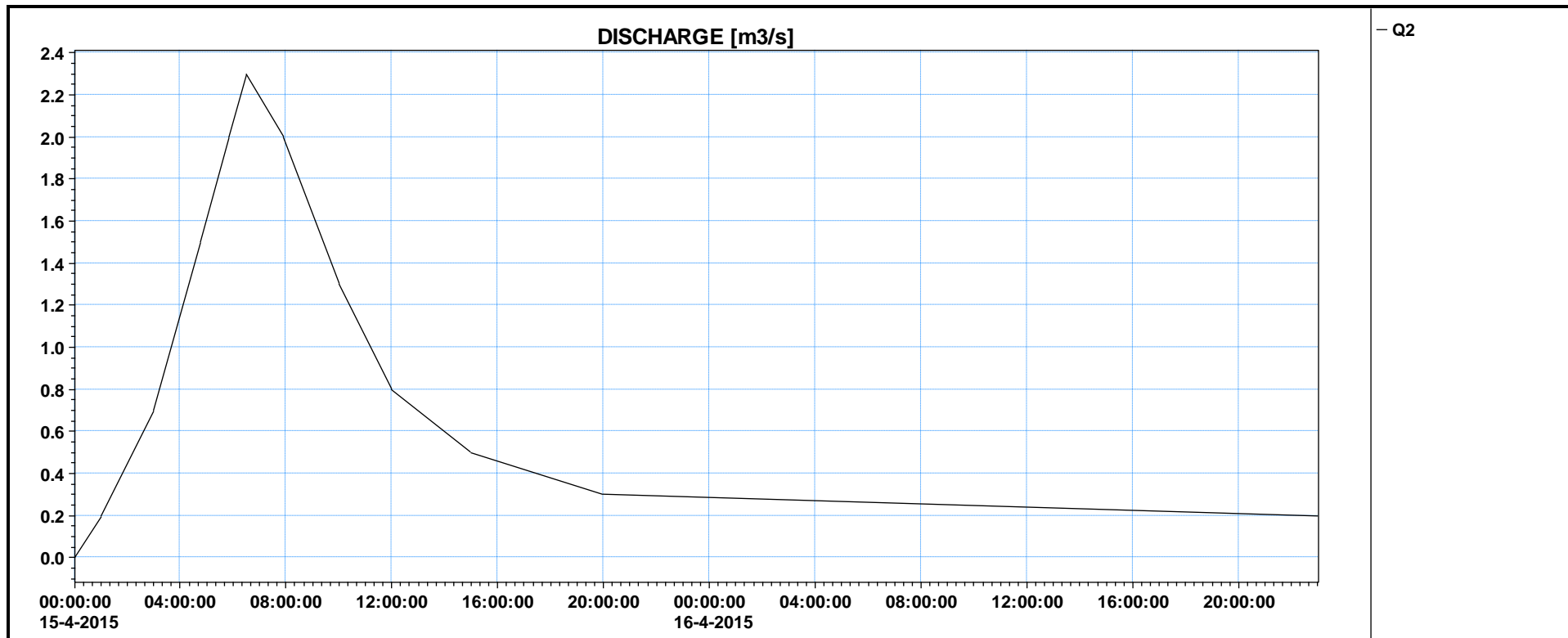
Plodina	Procentuální zastoupení plodiny v dílčí části (%)	C faktor dané plodiny	Vážený průměr
kukuřice	0,5	0,61	0,305
pšenice ozimá	0,2	0,12	0,024
ječmen jarní	0,05	0,15	0,0075
řepka ozimá	0,25	0,22	0,055
Hodnota C faktoru		0,3915	

(zdroj: autor, 2015)

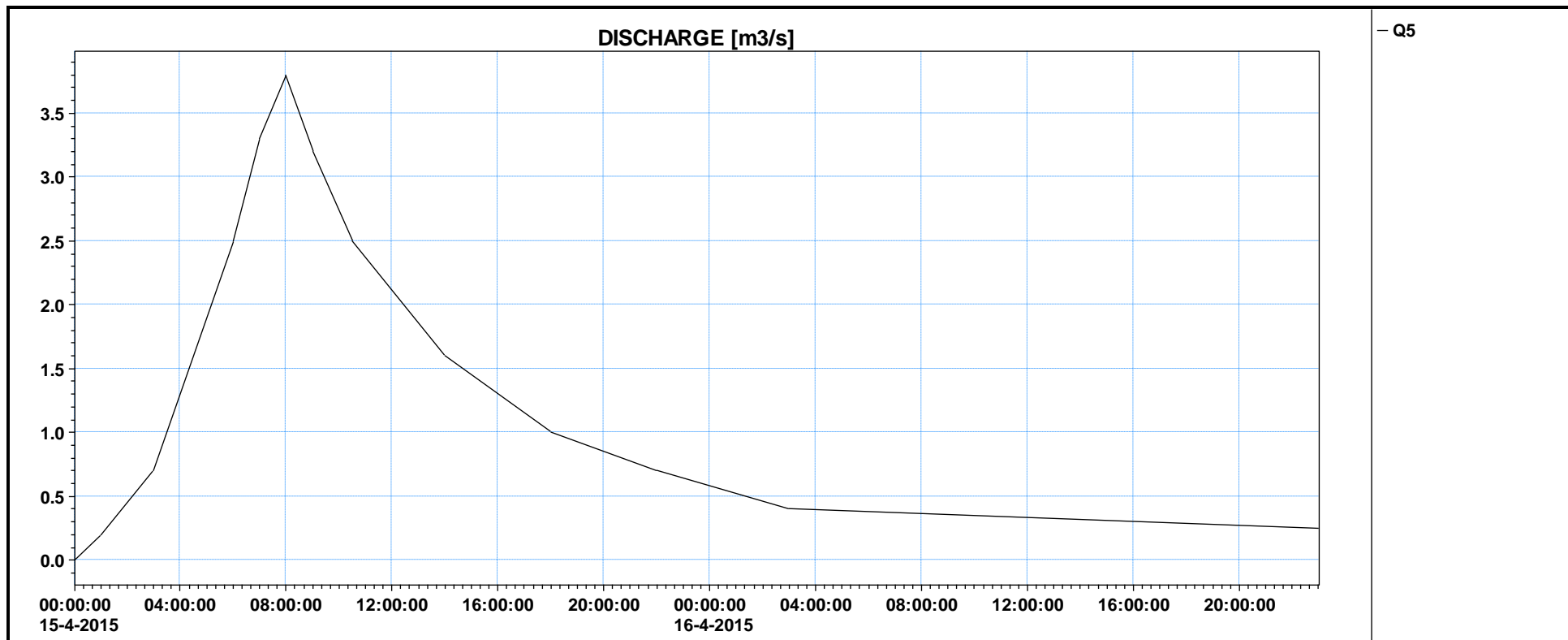
PŘÍLOHY 2 – SIMULAČNÍ MODELY MOUSE



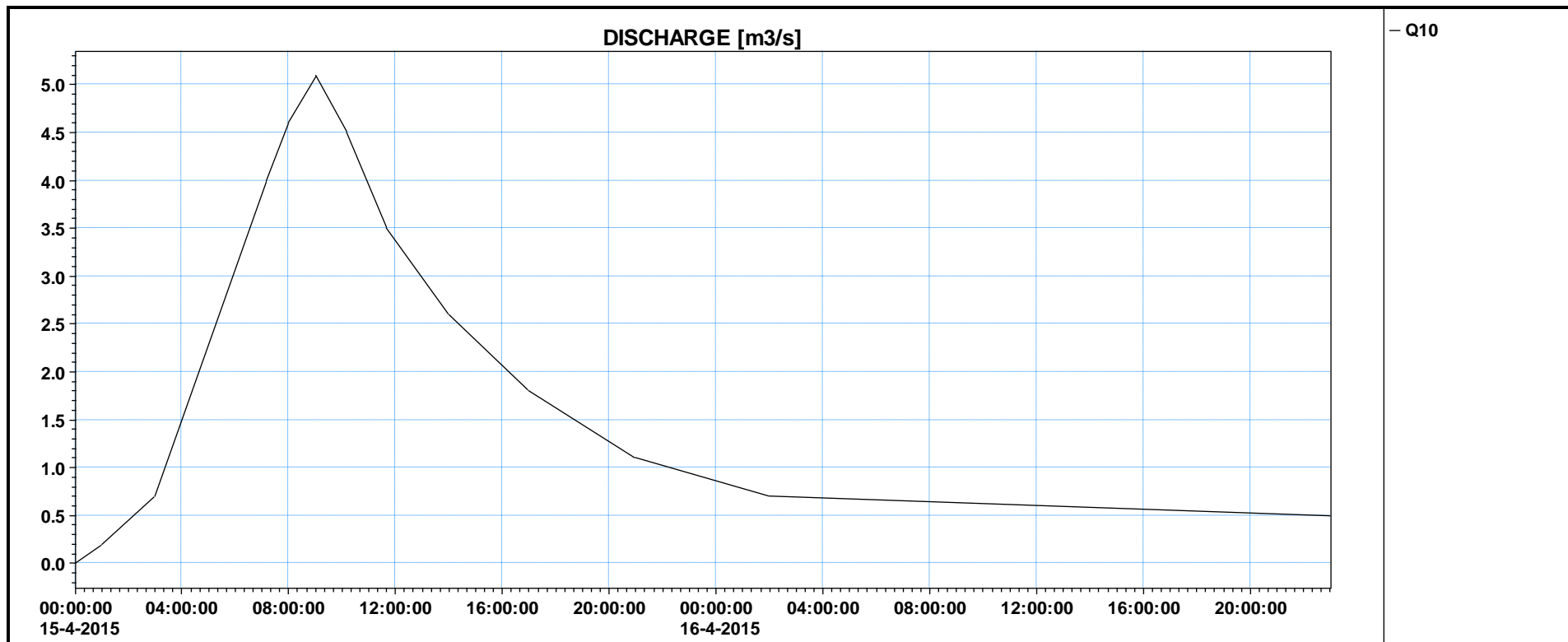
Obrázek 1: Výchozí hydrogram povodňové vlny při $Q_1 = 1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



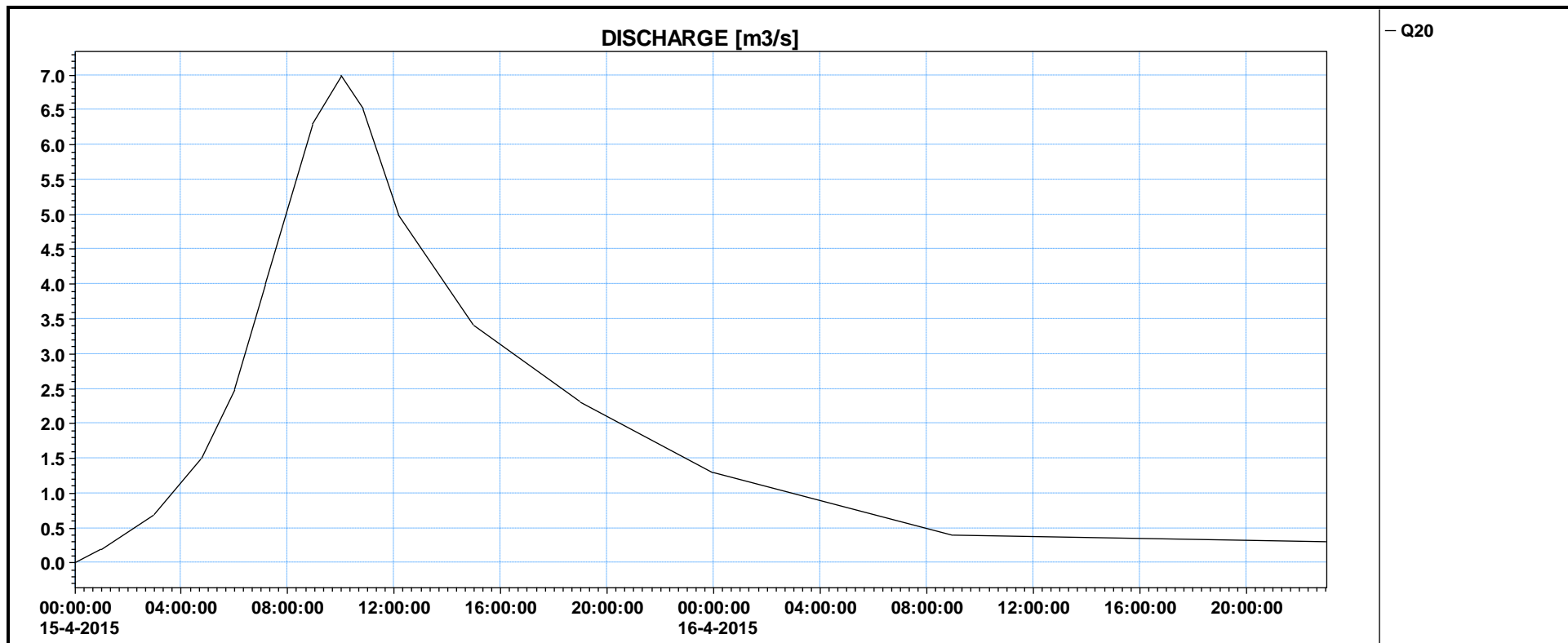
Obrázek 2: Výchozí hydrogram povodňové vlny při $Q_2 = 2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



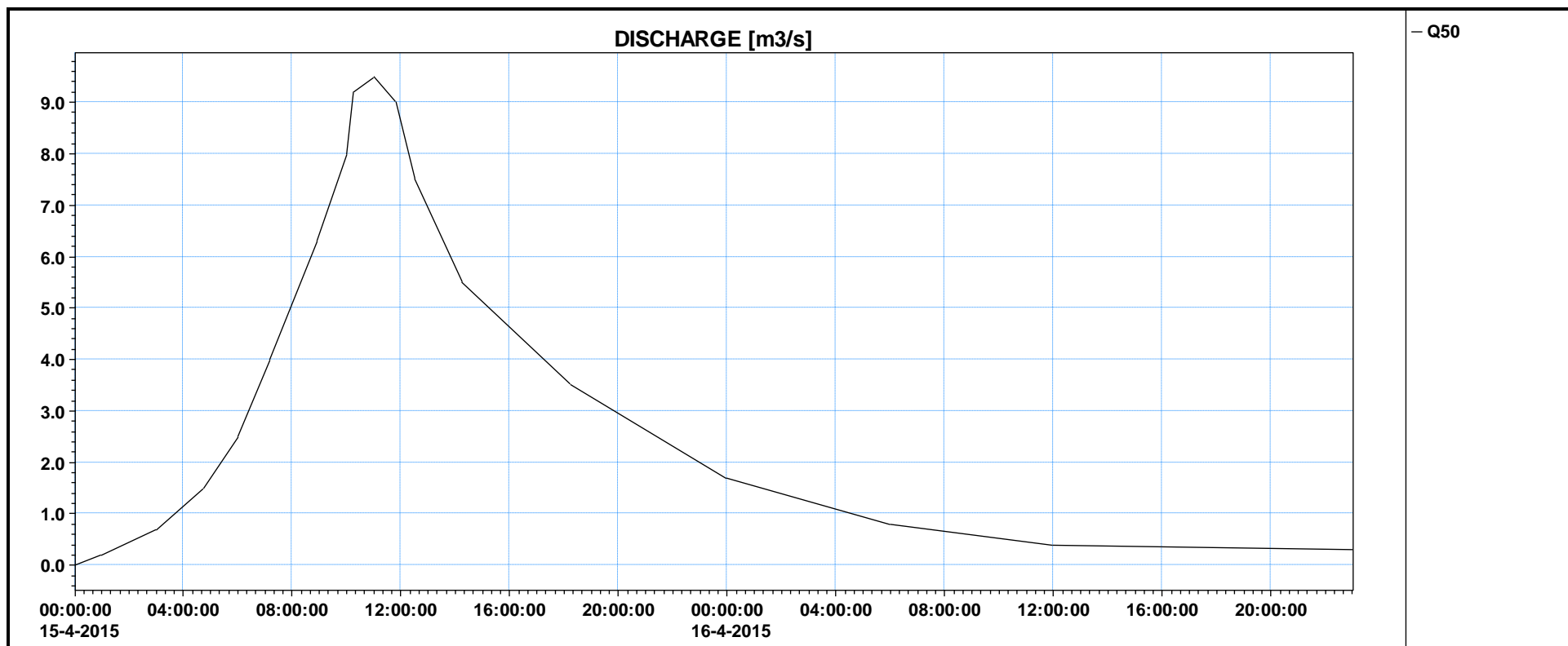
Obrázek 3: Výchozí hydrogram povodňové vlny při $Q_5 = 3,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



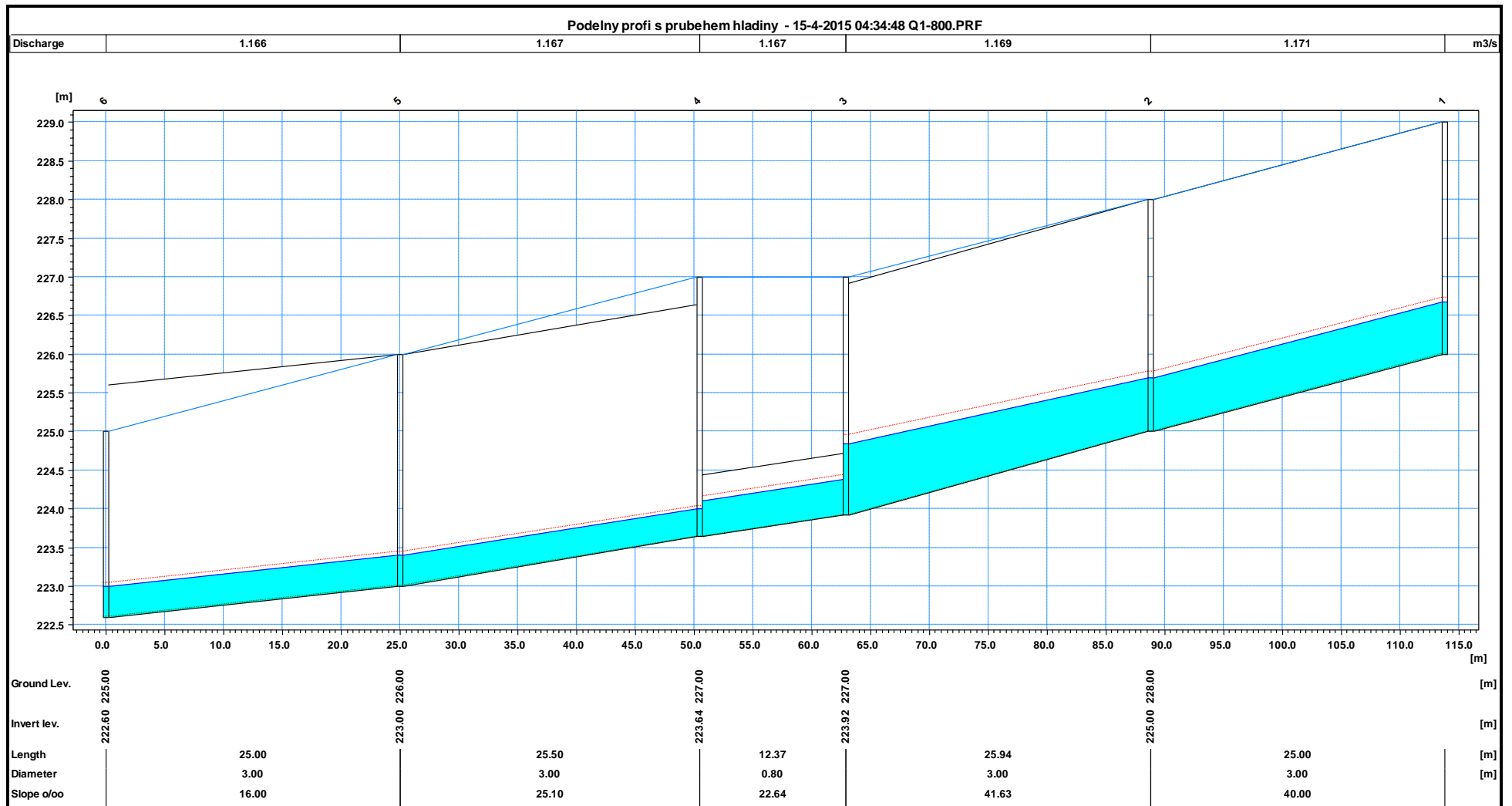
Obrázek 4: Výchozí hydrogram povodňové vlny při $Q_{10} = 5,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



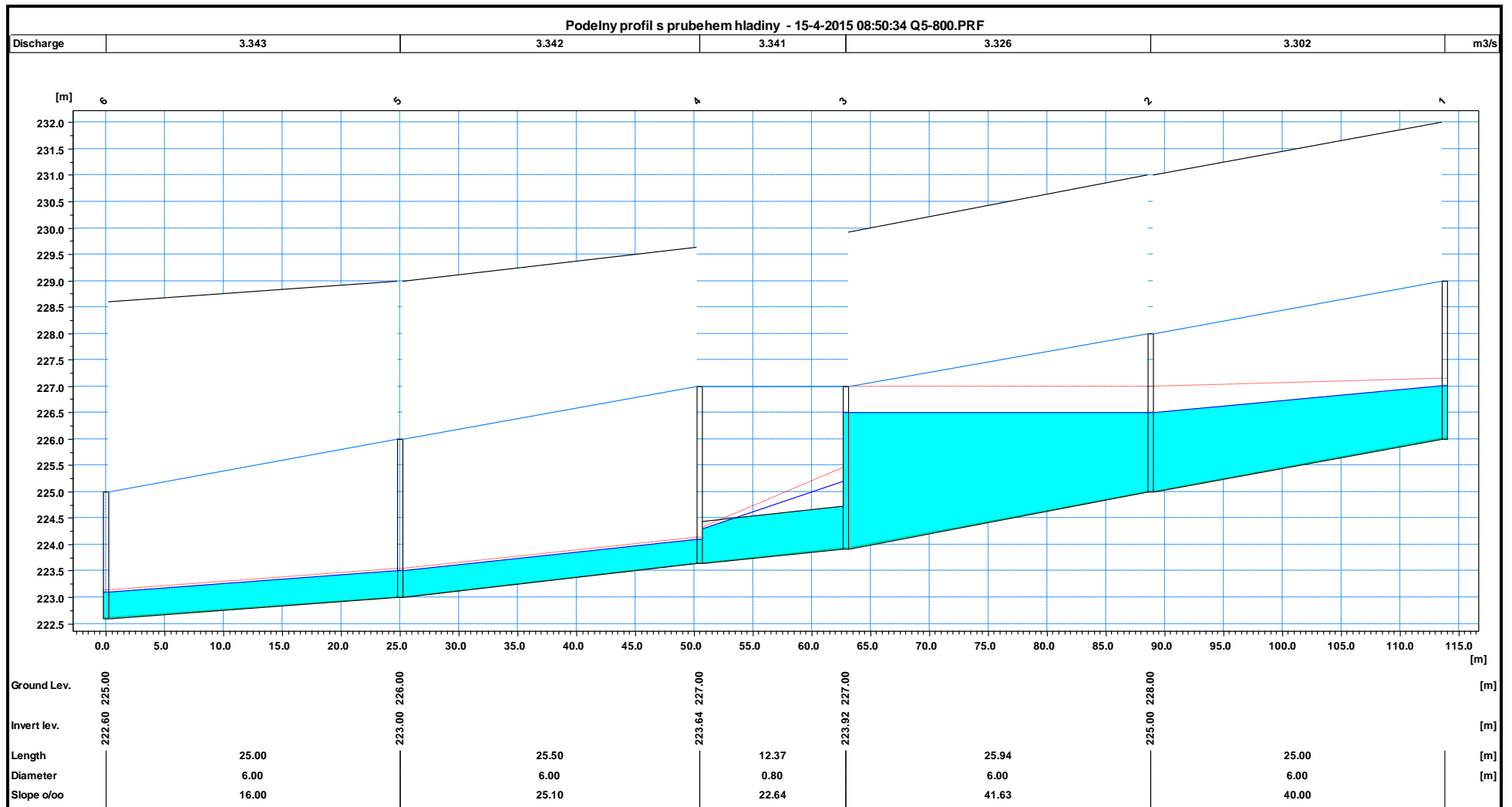
Obrázek 5: Výchozí hydrogram povodňové vlny při $Q_{20} = 7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



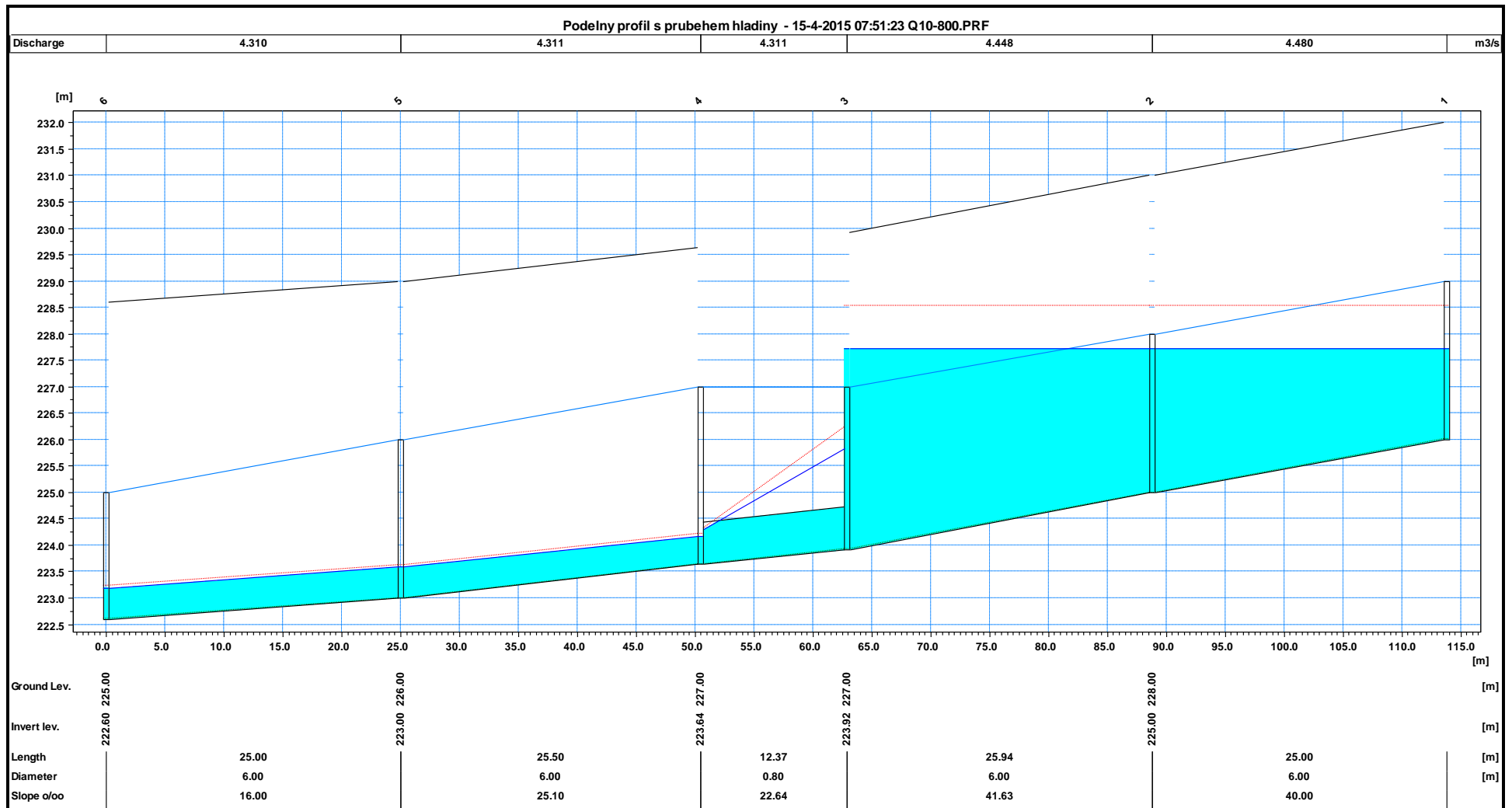
Obrázek 6: Výchozí hydrogram povodňové vlny při $Q_{50} = 9,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



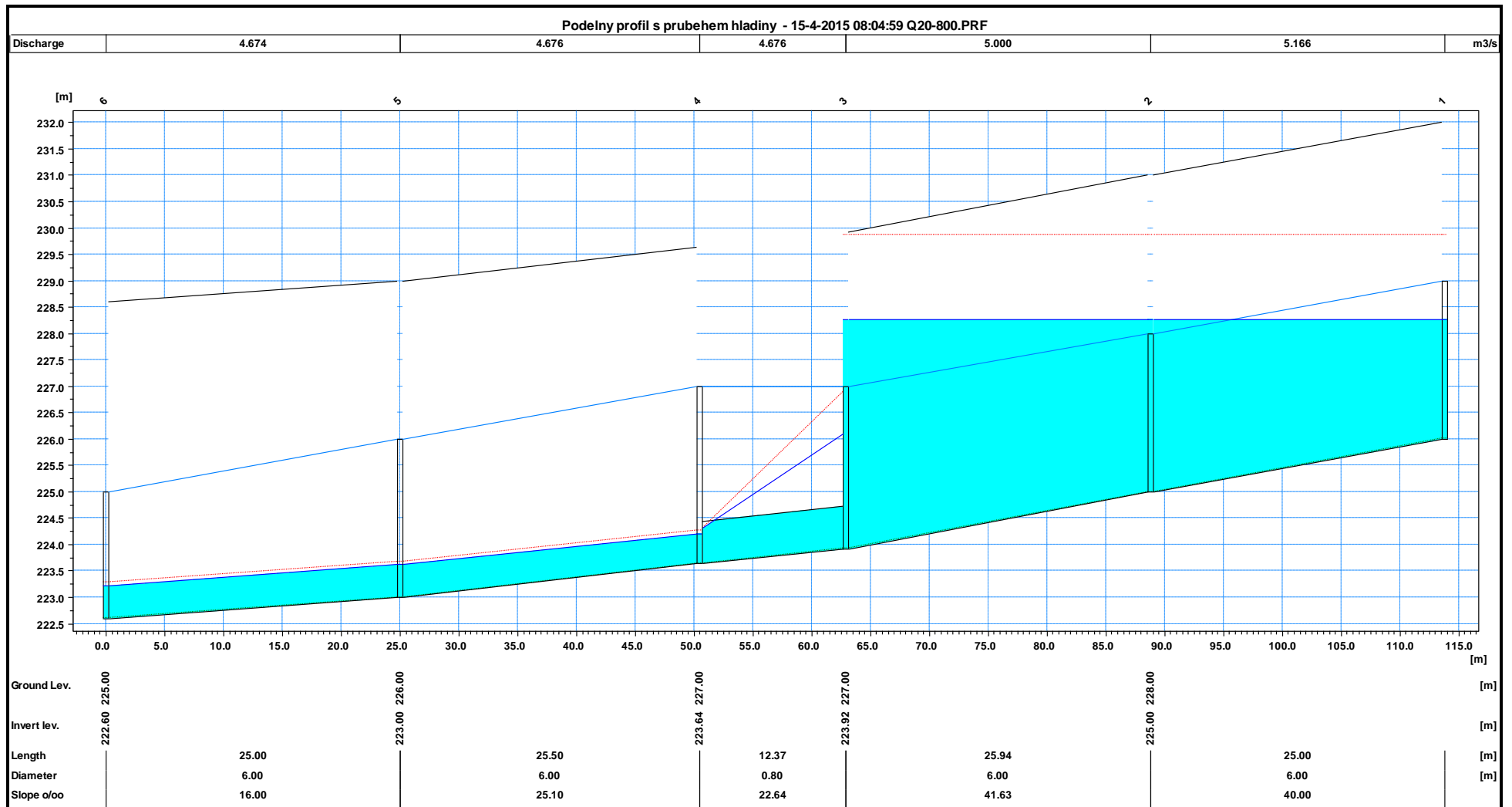
Obrázek 7: Podélný profil s průběhem hladiny při Q_1 přes propustek DN 800



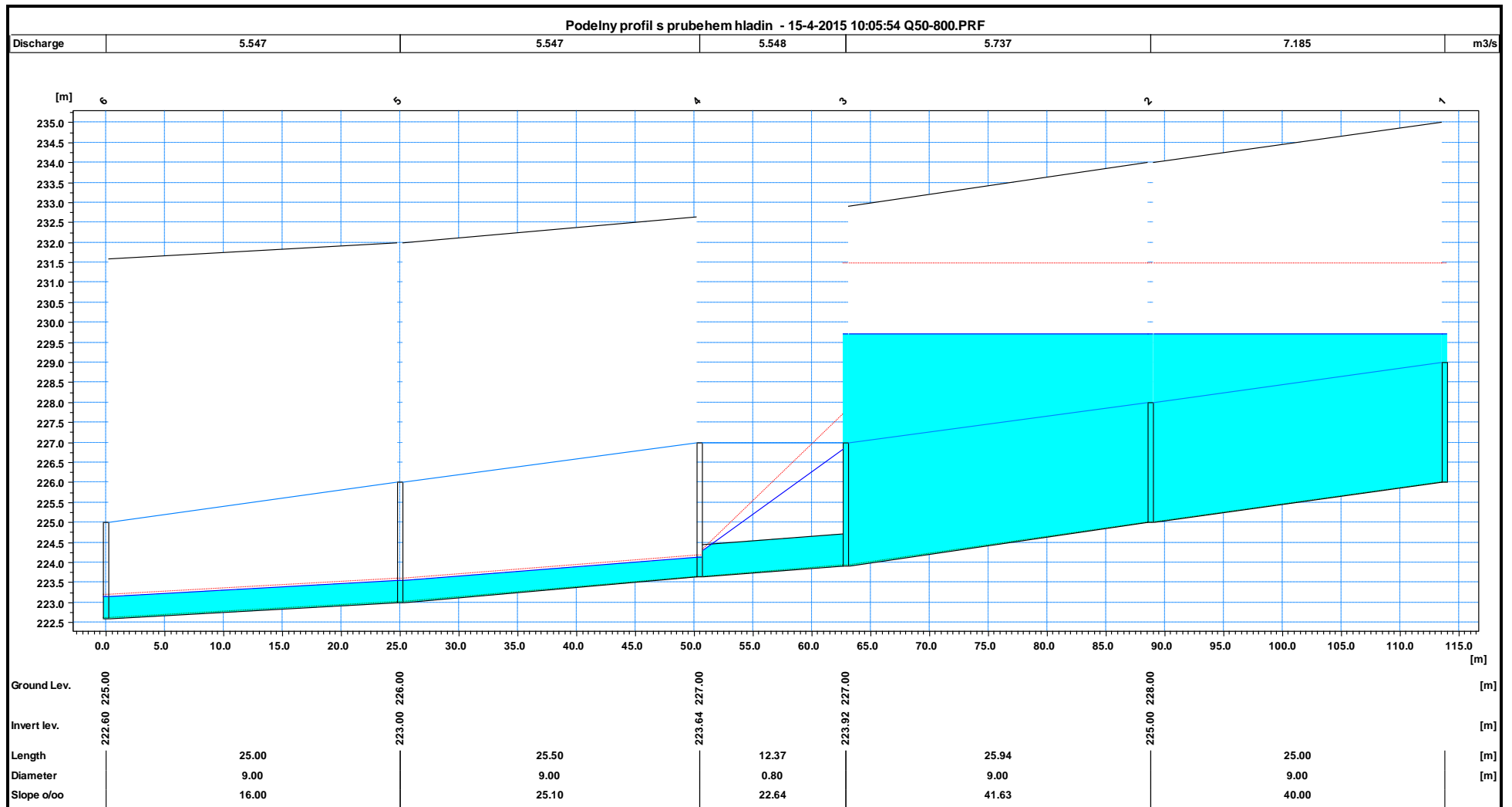
Obrázek 8: Podélný profil s průběhem hladiny při Q_5 přes propustek DN 800



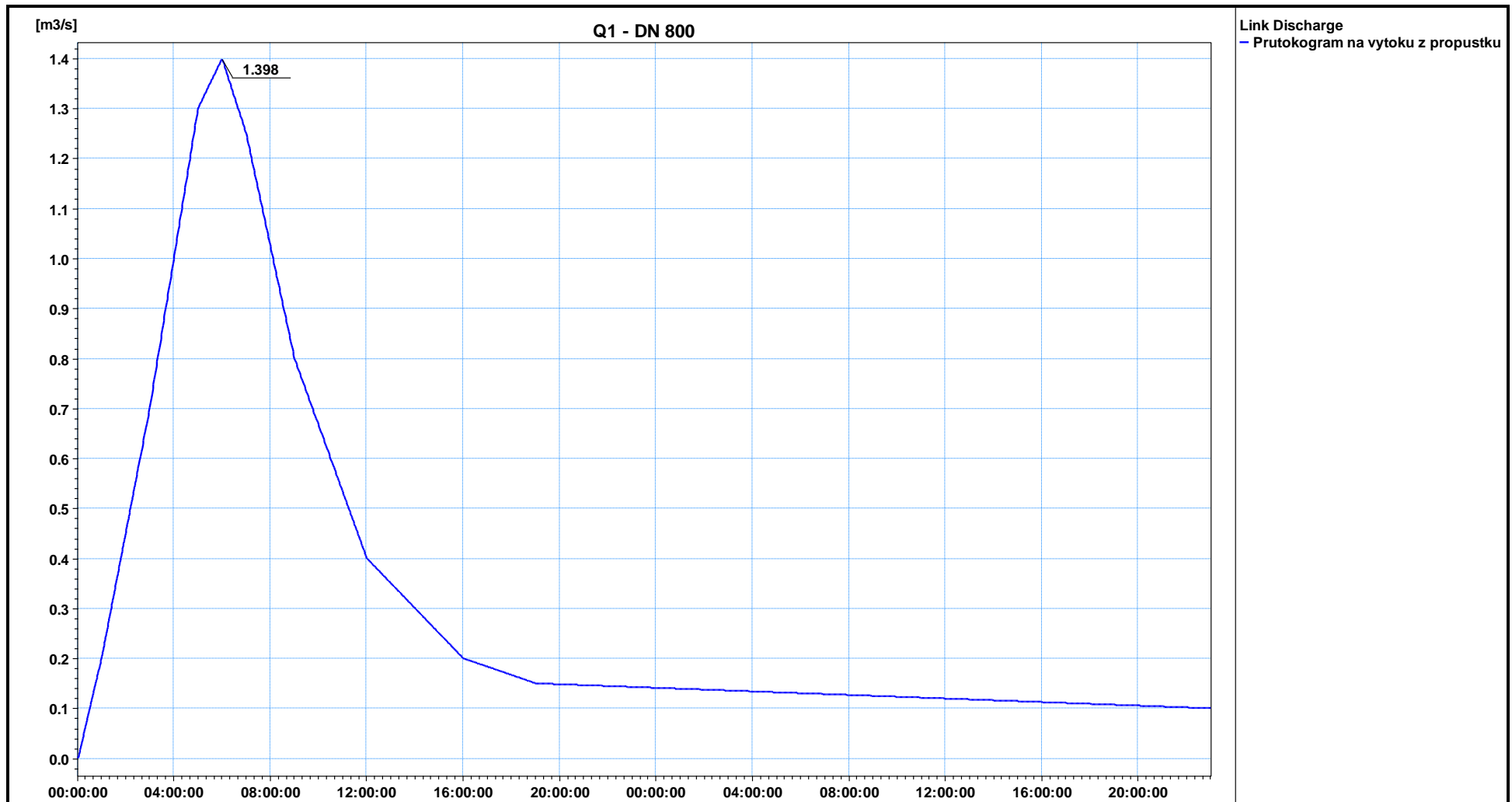
Obrázek 9: Podélný profil s průběhem hladiny při Q_{10} přes propustek DN 800



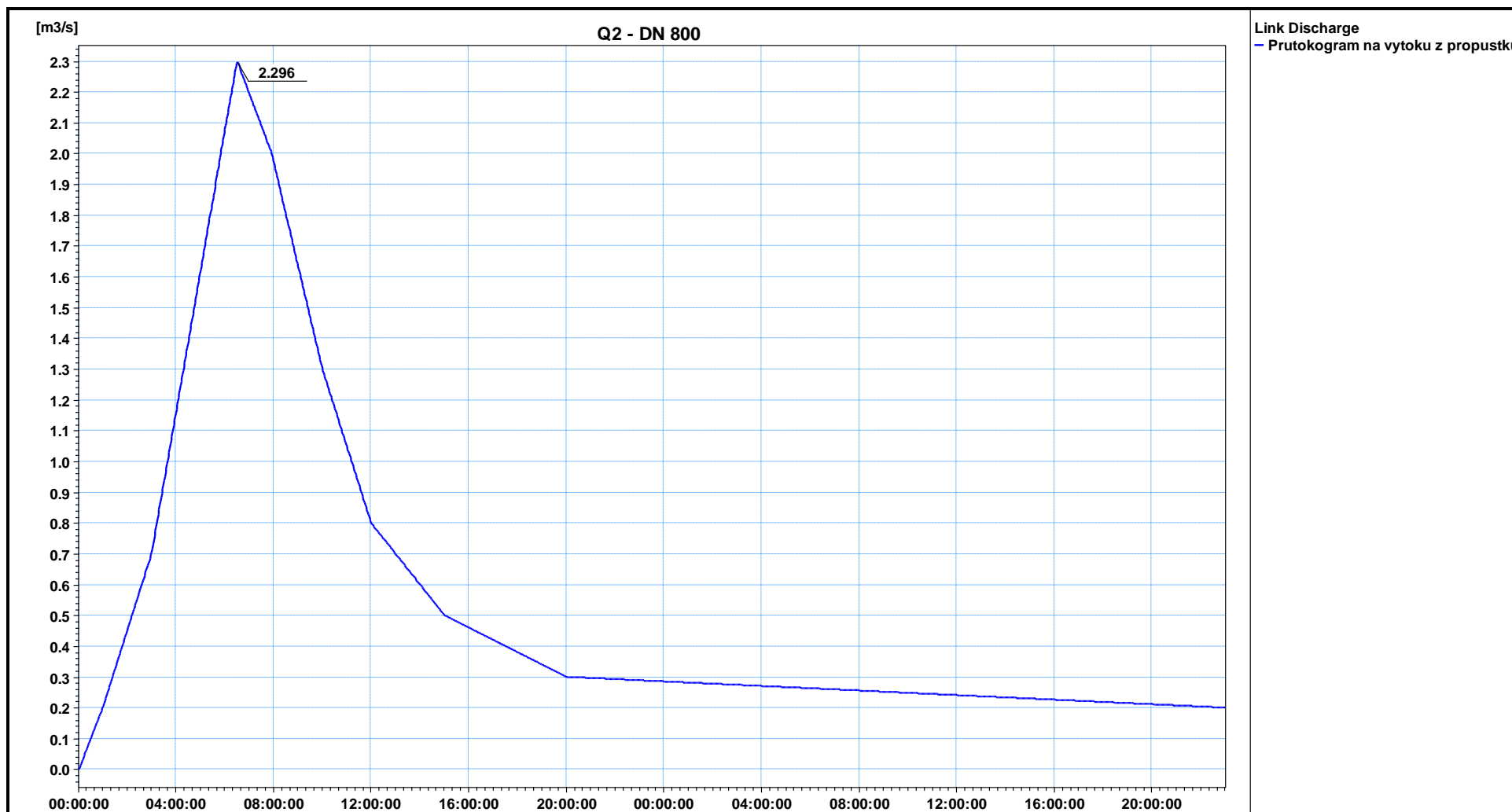
Obrázek 10: Podélný profil s průběhem hladiny při Q_{20} přes propustek DN 800



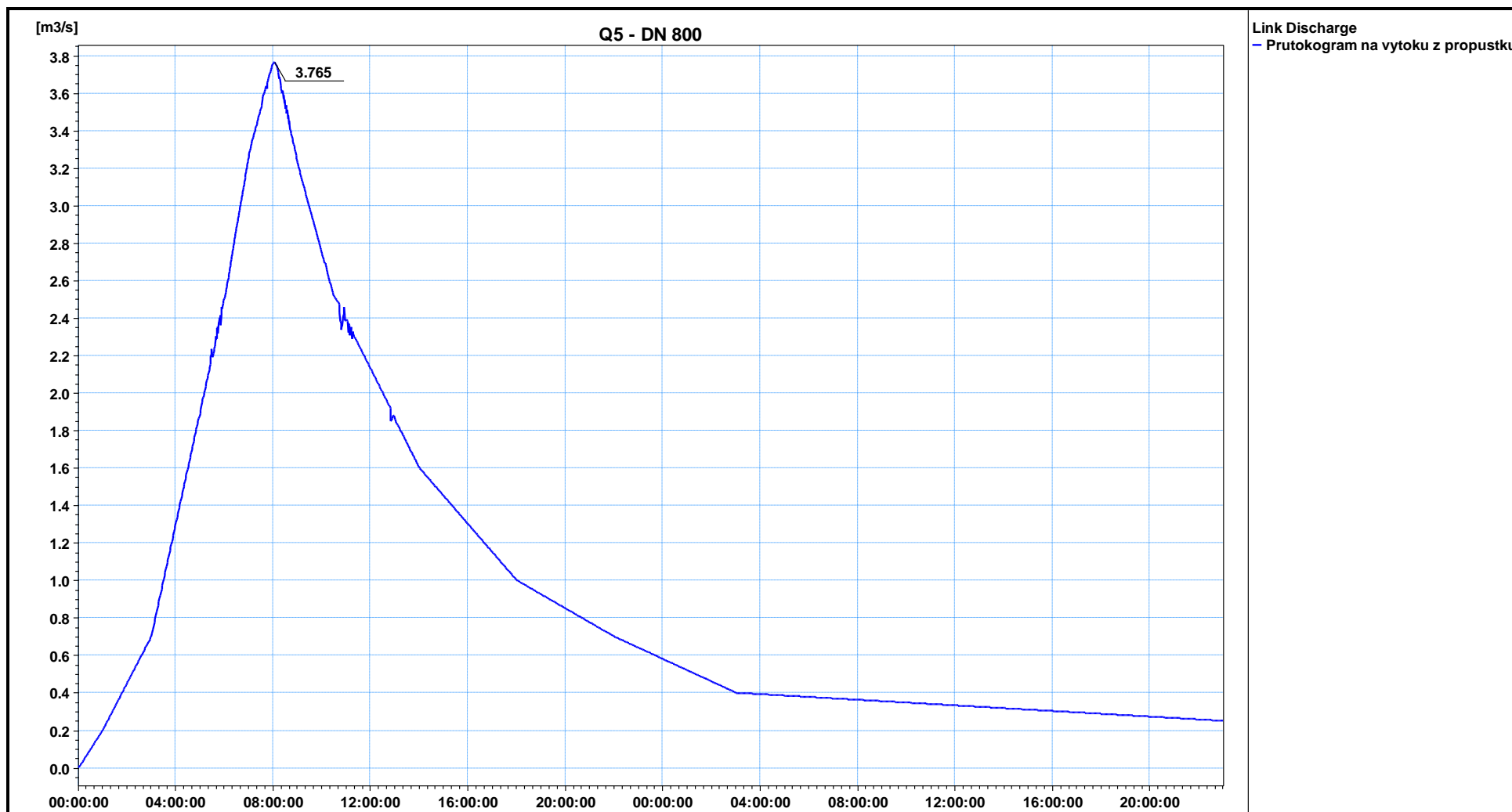
Obrázek 11: Podélný profil s průběhem hladiny při Q_{50} přes propustek DN 800



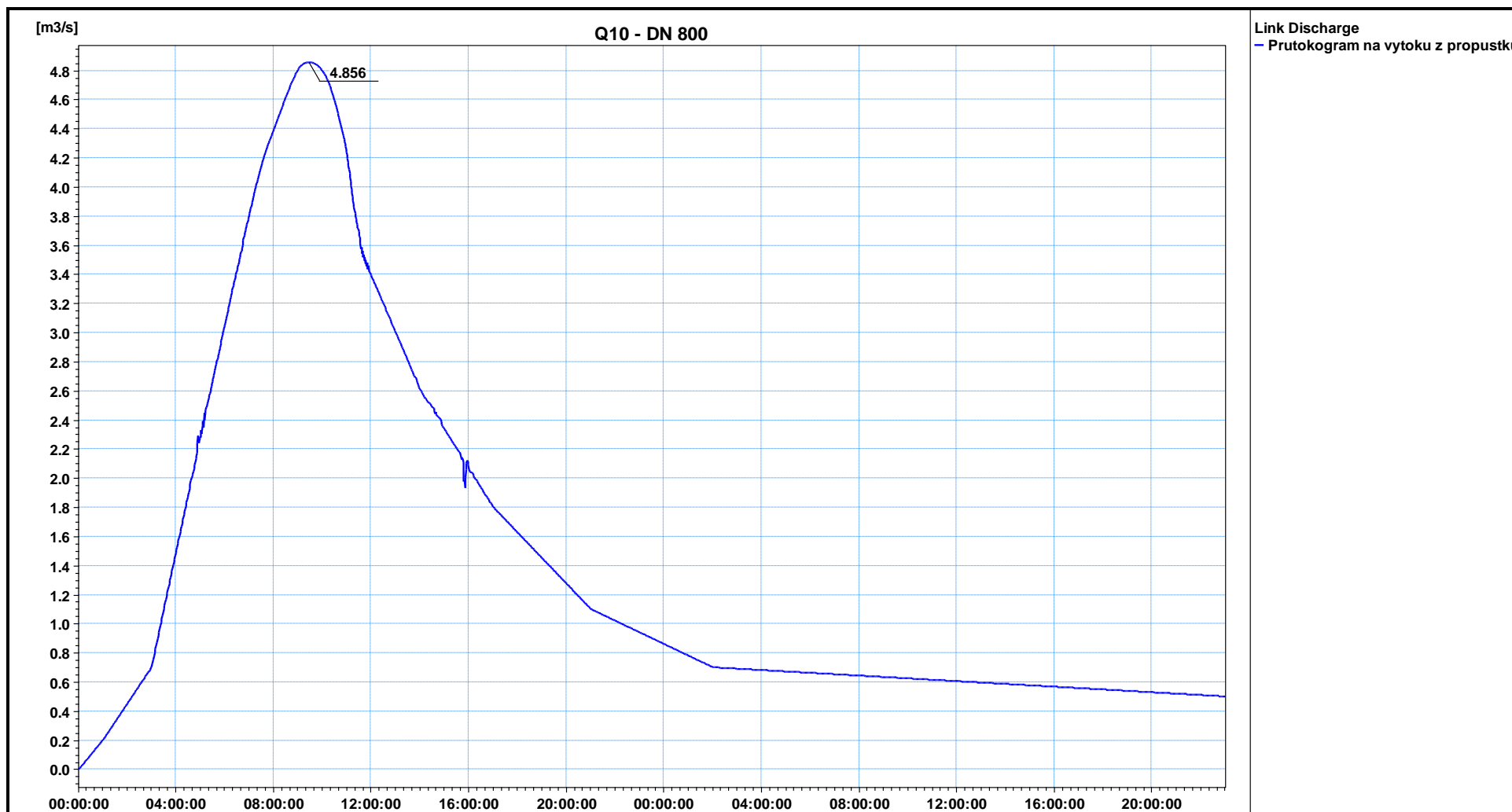
Obrázek 12: Průtokogram na výtoku z propustku při Q_1 o objemu povodňové vlny $53\,084\text{ m}^3$



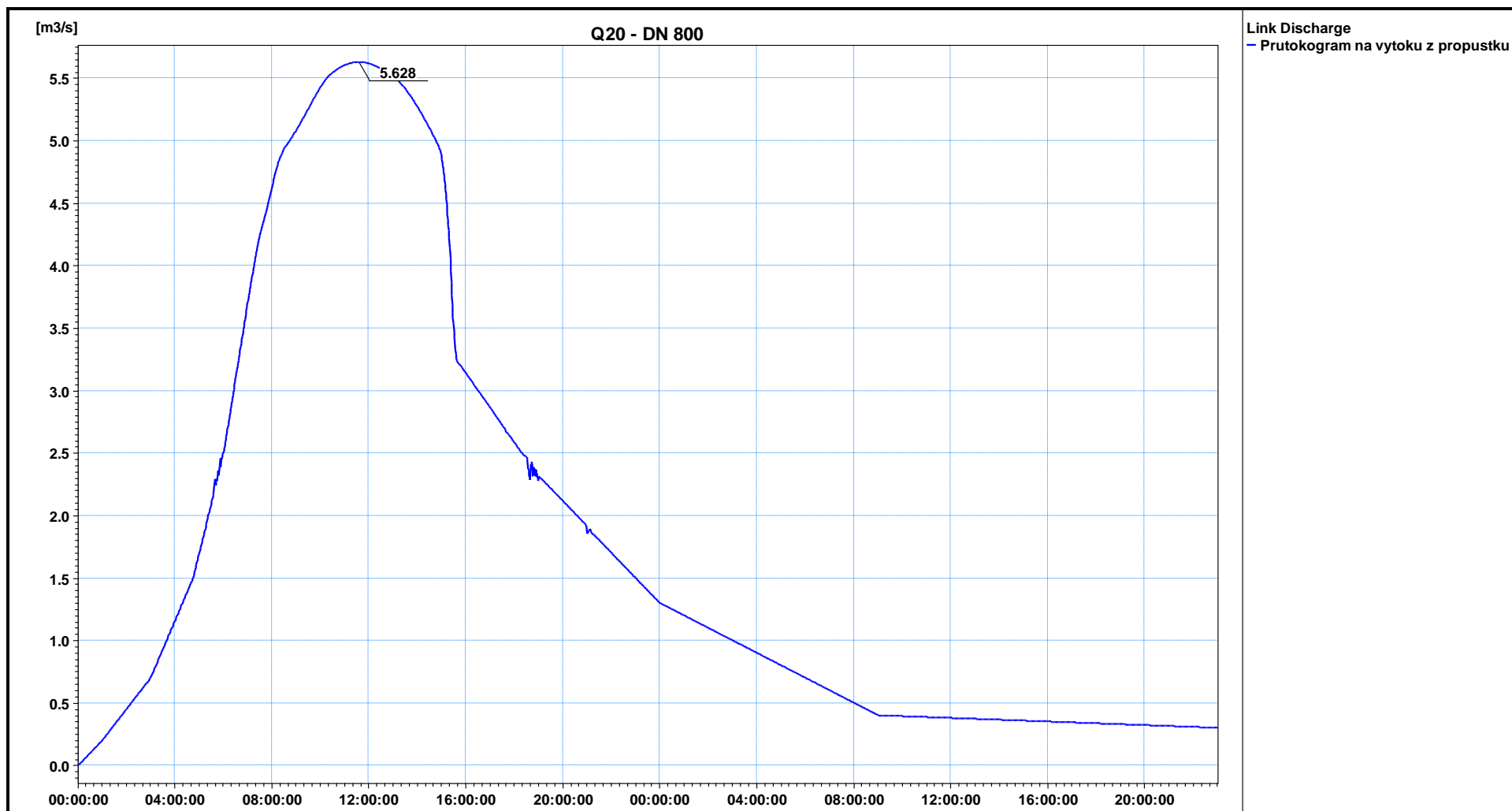
Obrázek 13: Průtokogram na výtoku z propustku při Q_2 o objemu povodňové vlny $91\,908\text{ m}^3$



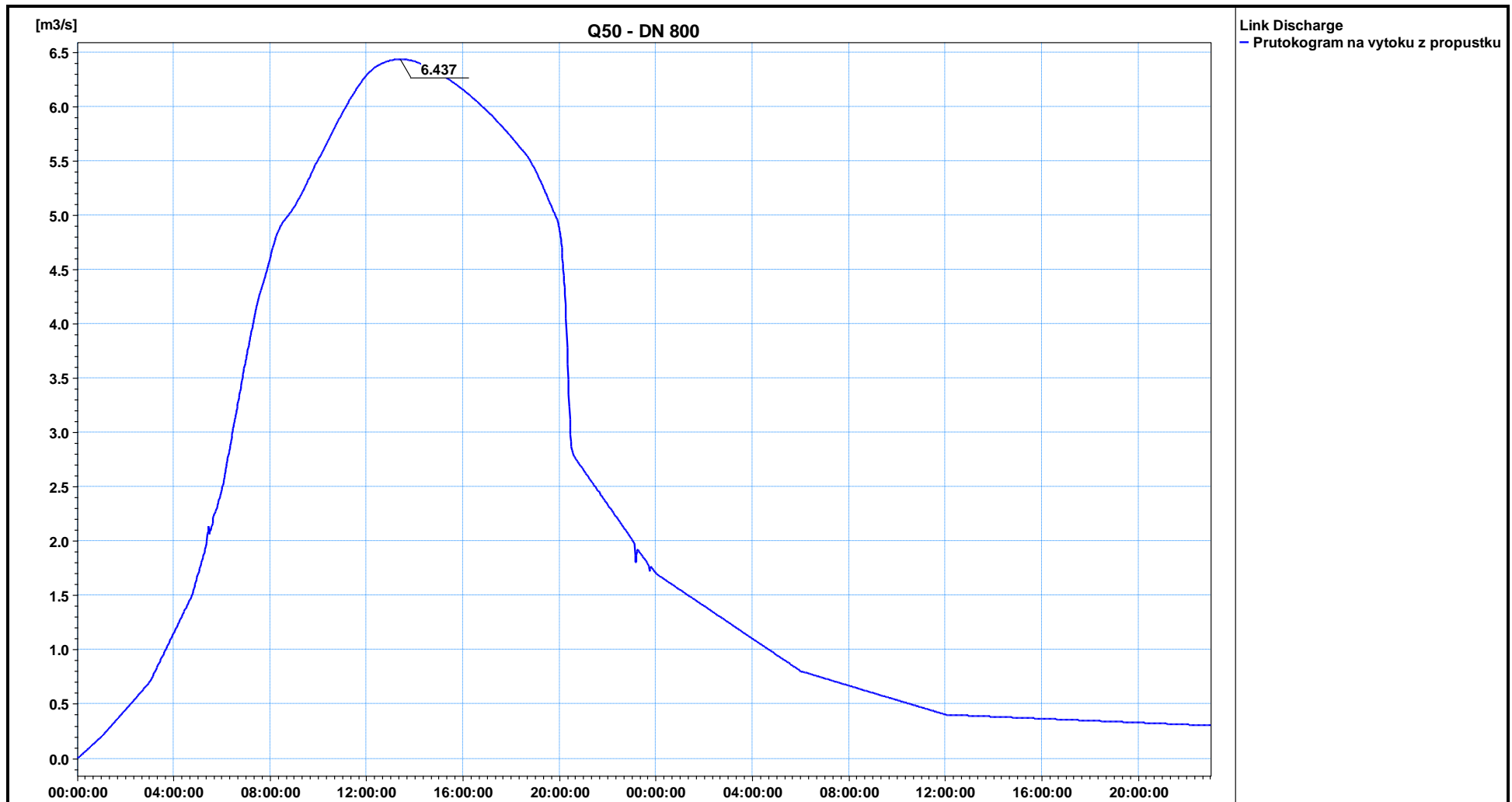
Obrázek 14: Průtokogram na výtoku z propustku při Q_5 o objemu povodňové vlny $162\,251\text{ m}^3$



Obrázek 15: Průtokogram na výtoku z propustku při Q_{10} o objemu povodňové vlny $242\,770\text{ m}^3$

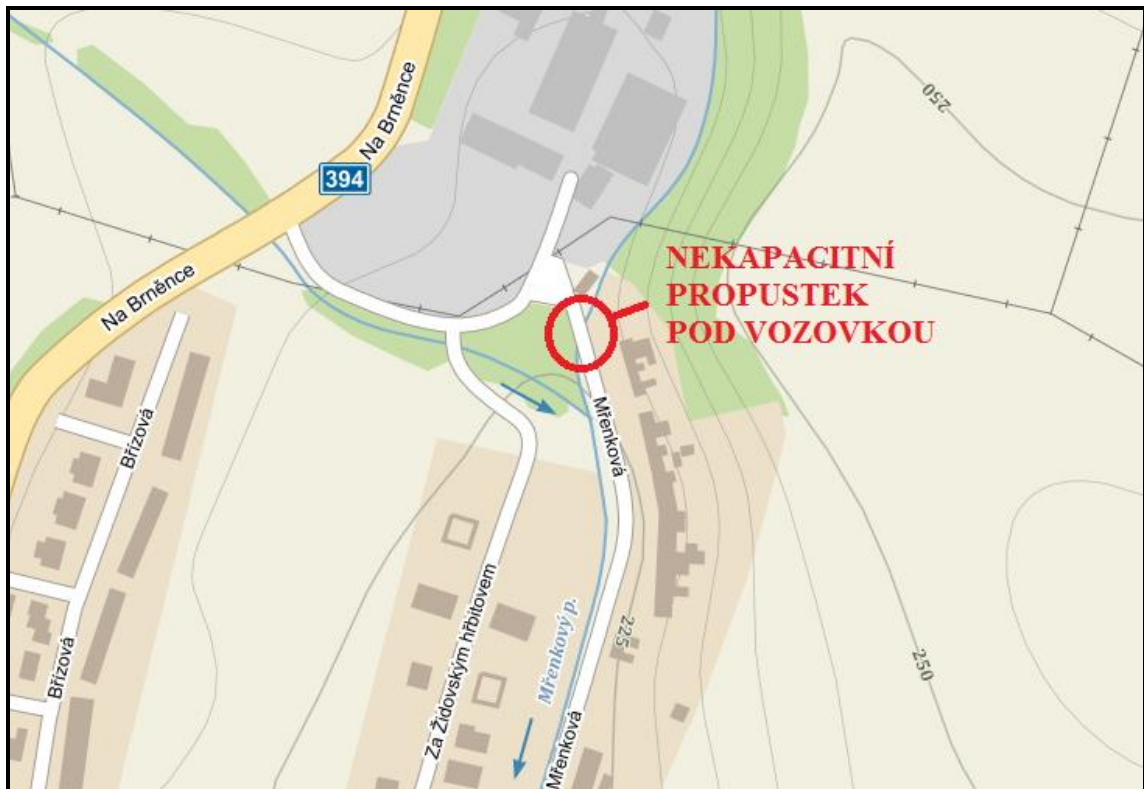


Obrázek 16: Průtokogram na výtoku z propustku při Q_{20} o objemu povodňové vlny $300\,897\text{ m}^3$



Obrázek 17: Průtokogram na výtoku z propustku při Q_{50} o objemu povodňové vlny $387\,299\text{ m}^3$

PŘÍLOHY 3 - MAPY



Obrázek 19: Mapa s vyznačeným nekapacitním propustkem DN 800
(zdroj: mapy.cz, upraveno autorem)

Obrázek 18: Mapy vyznačených EUC s vedenými odtokovými liniemi (spádnice)