

MINISTERSTVO DOPRAVY
ODBOR INFRASTRUKTURY

TP 202

MONITOROVÁNÍ SRÁŽKOOTOKOVÝCH POMĚRŮ DÁLNIC A RYCHLOSTNÍCH SILNIC

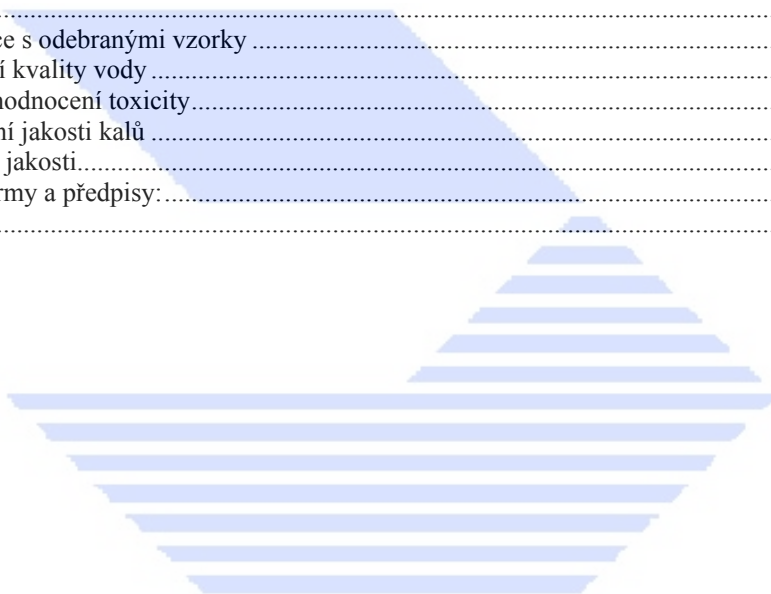
TECHNICKÉ PODMÍNKY



Schváleno MD - OI pod č.j. 1013/08-910-IPK/1
ze dne 24.11. 2008, s účinností od 1. 12. 2008

Praha, 2008

1.	Úvod.....	2
1.1.	Základní pojmy	2
2.	Účel monitorování vod.....	4
3.	Monitoring srážek	6
3.1.	Principy měření srážek	6
3.2.	Praktické aplikace měření srážek	8
3.3.	Autorizace srážkoměrných pozorování	8
4.	Monitoring průtoků	11
4.1.	Principy měření průtoků.....	11
4.1.1.	Měření pomocí přelivů a měrných žlabů.....	11
4.1.2.	Ultrazvukový hladinoměr.....	13
4.1.3.	Elektromagnetická indukce	14
4.1.4.	Instalace měrných přelivů a žlabů	14
4.2.	Měření průtoků - příklad	15
5.	Stanovení součinitelů odtoku	16
6.	Stanovení specifického odtoku.....	20
6.1.	Vyhodnocení specifického hydrogramu z povodí dálnic a rychlostních silnic	20
6.2.	Generování povrchového odtoku srážkových vod z dálnice - příklad.....	21
7.	Měření jakosti vody.....	23
7.1.	Výběr profilu.....	24
7.2.	Odběr.....	25
7.3.	Manipulace s odebranými vzorky	26
7.4.	Hodnocení kvality vody	27
7.5.	Měření a hodnocení toxicity.....	27
8.	Odběry a měření jakosti kalů	28
9.	Bilanční model jakosti.....	29
10.	Souvisící normy a předpisy:.....	32
11.	Literatura.....	32



1. Úvod

Tyto technické podmínky (dále TP) se zabývají popisem metodiky monitorování srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních silnic. Platí pro sledování jakosti a množství srážkových vod odtékajících z odvodňovacích systémů těchto typů komunikací. Jsou metodickým návodem jak provádět tato měření a současně umožňují také porovnání s limitními hodnotami ukazatelů signifikantních pro znečištění z dopravy. Vyhodnocení kvality a kvantity odtékajícího povrchového odtoku z těchto liniových staveb je tak prvním krokem k následnému návrhu opatření a provádění tzv. nejlepší provozní praxe. Jak vyplývá ze zákona 76/2002 Sb. o integrované prevenci a o omezování znečištění, nejlepší provozní praxe představuje využití nejlepších dostupných technik a jejich nejpokročilejší stupeň provozování. Zároveň dochází s ohledem na náklady a přínosy i k nejučinnější ochraně životního prostředí jako celku.

Technické podmínky byly vypracovány na základě poznatků z jiných států a na základě výsledků řešení projektu VaV č. 1F54G/011/120 „Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary ve smyslu Směrnice 2000/60/ES“, který byl řešen v období 2005 – 2007.

TP seznamují s danou problematikou a účelem měření, popisují výběr odběrných míst a způsoby odběrů, transport vzorků do laboratoří, zadání laboratorních prací a hodnocení výsledků, porovnání s legislativními požadavky a uvádí také výčet normativů, které se vztahují ke správnému vzorkování.

V části měření množství jsou popsány způsoby registrace a měření dešťových srážek a odtékajícího množství vody.

Výsledky měření množství a jakosti srážkoodtokového procesu lze využít k matematickému modelování, kdy pro vybrané průtokové stavy je sledován dopad znečištění odtékající vody na jakost vody v recipientu.

1.1. Základní pojmy

Dopady silniční dopravy na životní prostředí - provozem automobilů dochází k uvolňování řady škodlivin s negativním dopadem nejenom na okolní prostředí. Některé polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a kovy, které se touto cestou uvolňují do životního prostředí, jsou zařazeny do skupiny prioritních nebezpečných látek uváděných ve směrnici Evropské unie.

Úroveň znečištění - závisí především na dopravní intenzitě, množství a složení pohonných hmot i na charakteru komunikace. Důležitými parametry jsou také typ a funkční stav motoru, stejně jako režim jízdy.

Hlavní transportní procesy znečištění - jsou rozptyl do atmosféry, odplavení látek usazených na povrchu komunikace srážkovou vodou a rozstřík jemných disperzí.

Dlouhodobě nerozložitelné emise - tvoří např. olovo, které je složkou základních barev a akumulátorů, platinové kovy jako součásti katalyzátorů, kadmium, arsen, nikl a další toxické kovy a jejich sloučeniny.

Rozložitelné emise - jsou karcinogenní a mutagenní PAU, benzen, perzistentní organické látky, dioxiny, aldehydy aj. Nepříznivý účinek mají také oxidy dusíku, jedovatý oxid uhelnatý a pevné částice rozptýlené v ovzduší. Jiný typ emisí vzniká abrazí a rozkladem povrchu vozovek i pneumatik, korozi svodidel a také únikem kapalin z vozidel.

Polycyklické aromatické uhlovodíky – skupina organických látek s různým počtem aromatických jader. Jejich největším antropogenním zdrojem jsou spalovací procesy, tedy i provoz motorových vozidel. Z vodohospodářského a hygienického hlediska je největší pozornost věnována šesti PAU: benzo(a)pyrenu, fluoranthenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(g,h,i)perylenu a indeno (1,2,3-c,d) pyrenu, které vykazují karcinogenní vlastnosti.

Toxické kovy – představiteli jsou Hg, Cd, Pb, As, Se, Cr, Ni, Ag, Zn s toxickými, příp. karcinogenními účinky. Kromě přirozeného výskytu jsou jejich zdrojem odpadní vody z průmyslu a také srážkové vody znečištěné exhalacemi ze spalování fosilních paliv a výfukovými plyny motorových vozidel.

Zimní údržba - v zimních měsících se sjízdnost udržuje pluhováním, používáním posypových solí, solných roztoků i inertních posypových materiálů. Velké problémy s kvalitou jak povrchové, tak i podzemní vody v okolí komunikací způsobuje zejména vysoký obsah chloridových iontů (stovky miligramů až gramy/l). Současně se zvyšuje i toxicita rozpuštěných kovů.

Povrchový splach - za deště a v období tání sněhu dochází ke smývání akumulovaného znečištění všech typů urbanizovaných ploch a odtoku srážkové vody s obsahem znečišťujících komponentů. Tyto látky jsou převážně vázány na jílovité částice a postupně sedimentují v odvodňovacích zařízeních, případně recipientech.

Odvodnění komunikací - hlavním účelem silničního odvodnění je zabezpečit tělesa silnic, dálnic a okolních pozemků proti škodlivému působení vod. Povrchová voda se zachycuje v odvodňovacích zařízeních tvořených příkopy, rigoly a různými typy odvodňovacích potrubí a odvádí se mimo komunikaci do blízkých vodních toků.

Dešťové usazovací nádrže - v ochranných pásmech vodárenských zdrojů se budují např. betonové dešťové usazovací nádrže, které v případě havárie slouží k zadržení uniklých závadných látek.

Kal – suspenze nerozpuštěných látek organického i anorganického původu ve vodě

Dnový sediment – suspenze nerozpuštěných anorganických látek, organických látek, které sedimentují a usazují se na dně nádrží, rybníků a toků

Jakost vody - charakteristika složení a vlastností vody zjišťovaná hodnocením souboru ukazatelů pro účely klasifikace a srovnávání

Ukazatel jakosti vody – veličina charakterizující složení nebo vlastnosti vody

Průtok (průtočné množství) – objem vody protékající průtočným profilem za jednotku času, pro jeho měření se využívá přelivů a měrných žlabů, mezi moderní metody patří měření na základě elektromagnetické indukce nebo pomocí ultrazvuku

Měření srážek - dešťoměrné pozorování pro potřeby hydrologie v ČR je zaznamenáváno a získáváno z údajů sítí cca 600 srážkoměrných stanic ve správě ČHMÚ. Pro potřeby měření srážek v místě lze využít stanice s ombrografy nebo člunkové srážkoměry.

Účinek prvního splachu (first-flush effect) - ve vodě odtékající v počáteční fázi je relativně vysoká zátěž znečišťujících látek. Efekt prvního splachu je komplexní proces, který je závislý na faktorech jako charakter suché periody předcházející dešti, vlastnostech srážky i fyzikálně-chemických vlastnostech látek, (rozpuštěná či nerozpuštěná forma, velikostní složení aj.)

Toxicita - v dešťové vodě odtékající z komunikací se může projevit některý z typů toxicity, což je ovlivňováno zdroji, obdobími, vlastnostmi srážky aj. Nejvyšší souhrnný

toxický účinek testovaný na organismech vodního prostředí je zaznamenává během zimních měsíců při dešti na sníh nebo při tání.

Opatření pro odvedení a čištění dešťové vody z komunikací - podle poznatků z okolních států se využívá zachycování polutantů ve svrchní vrstvě krajnic, jsou navrhovány filtrace půdními filtry, suché a mokré usazovací nádrže, umělé mokřady, vegetační čištění aj. Nejlepší provozní praxe pro nápravu a zlepšení stavu v podobě tzv. BMP (Best Management Practices) je podrobně rozpracována v manuálech, které jsou známy např. z USA a Velké Británie.

Vodní útvary - vymežitelné významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí, charakterizované společnou formou výskytu nebo společnými vlastnostmi a znaky hydrologického režimu. Vodní útvary jsou přírodní a umělé.

Vodní tok – vodní útvar, pro který je charakteristický trvalý nebo občasný pohyb vody v korytě

Povodí – území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků k určitému místu vodního toku

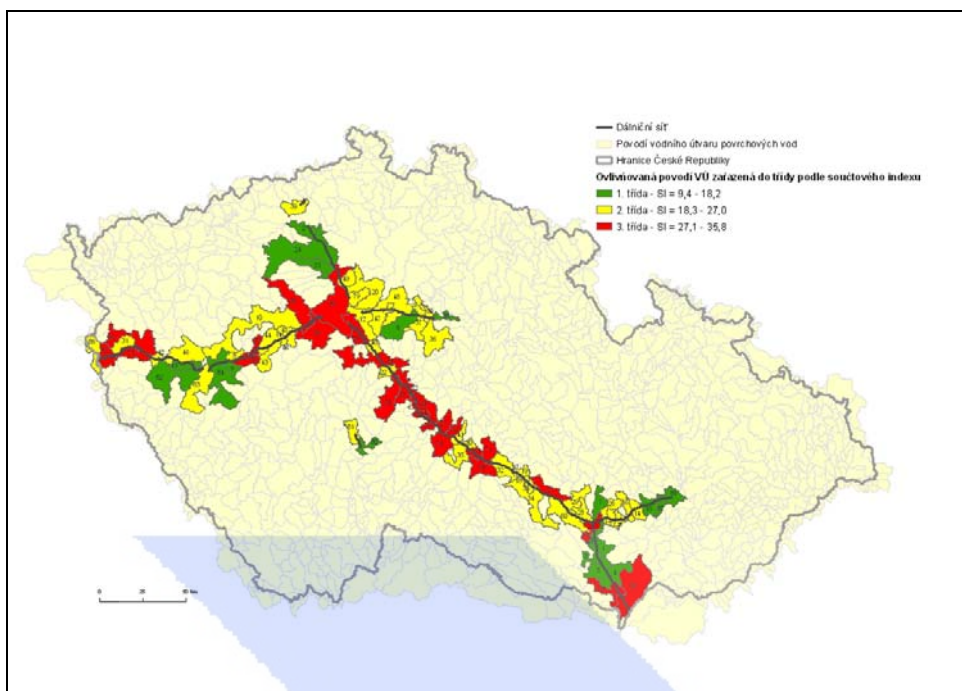
Ochrana vod - soubor opatření a činností sloužících k ochraně vod před všemi druhy znečištění.

2. Účel monitorování vod

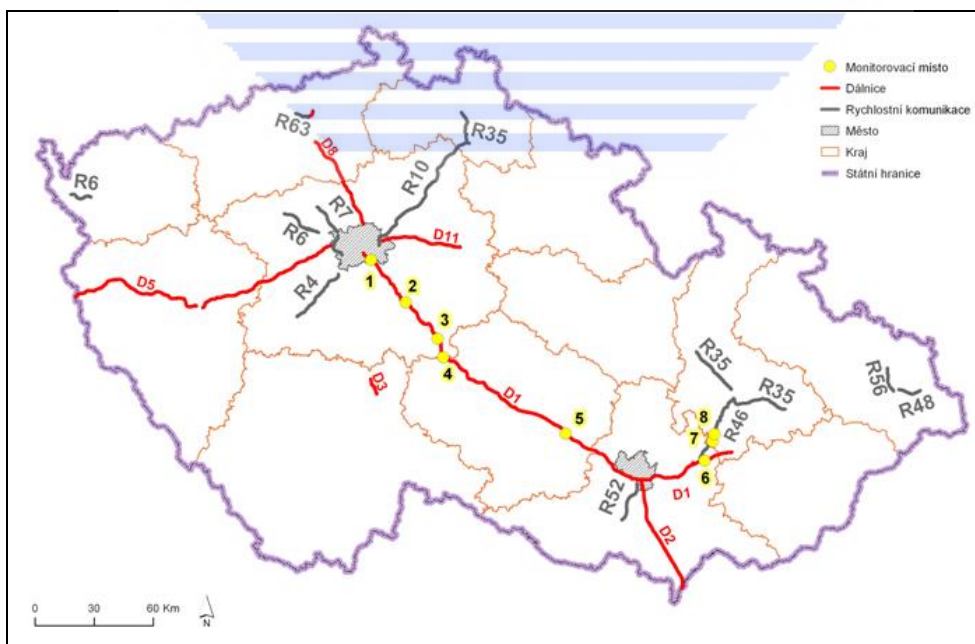
Účelem sledování jakosti a množství vody odtékající z dálnic a rychlostních silnic (dále D +RS) je zjistit míru zátěže, která vzniká v důsledku intenzivního provozu na dálnicích a rychlostních silnicích. Výsledky monitoringu povrchového splachu budou porovnány s limitními hodnotami ve vybraných ukazatelích, z nichž některé jsou zařazeny do skupiny prioritních nebezpečných látek uváděných v seznamu směrnice 2000/60/ES. Získání informací o míře znečištění, které se v daném odvodňovaném úseku komunikace nachází, povede k návrhům možných opatření. Tímto způsobem bude moci být provozovatelem kontrolován a omezován dopad (přísun) znečištění související s dopravou na vodní toky a okolní prostředí.

Přednostně je třeba toto sledování provádět v územích vymezených jako nejkritičtější místa z pohledu možného potenciálního dopadu na vodní útvary, které jsou zobrazeny na Obr. 2.1.1. Rozhodujícími parametry pro výběr jsou zejména intenzita dopravy, srážky a existence ochranných vodárenských pásem i chráněných krajinných oblastí. Návrh monitorovací sítě pro období 2008 – 2009 na D+RS je uveden na Obr. 2.1.2.

Obr. 2.1.1. Potenciální ohrožení vodních útvarů povrchových vod – aktualizace 2006



Obr. 2.1.2. Návrh monitorovací sítě pro dálnice a rychlostní silnice (2008 -2009)



Kromě měření koncentrací je třeba pro bilanční propočty a kontrolu funkčnosti odvodňovacích zařízení znát i odtokové poměry. Jejich zjišťování spočívá zejména v zaznamenávání dešťových srážek a měření odtékajícího množství vody v místě odběru.

V dešťových usazovacích nádržích situovaných u některých dálničních úseků dochází k sedimentaci nerozpuštěných látek, které na sebe váží řadu škodlivin. Tyto kaly je třeba odstraňovat a deponovat. Způsob jejich uložení je dán obsahem toxických látek, které jsou zjišťovány odběrem a následnou analýzou kalu nebo vodního výluhu.

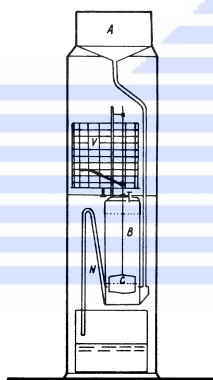
3. Monitoring srážek

3.1. Principy měření srážek

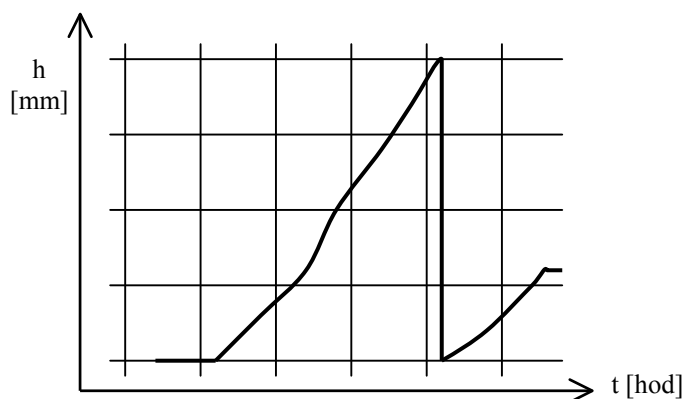
Dešťoměrné pozorování je pro potřeby hydrologie v České republice zaznamenáváno a získáváno z údajů sítě cca 600 srážkoměrných stanic, ve správě ČHMÚ.

Údaje o měřeních jsou pravidelně publikovány v „Hydrologické ročence ČR“, data ze stanic lze získat na internetové adrese www.chmi.cz. Vhodnost a využitelnost měřených údajů ve zmíněných stanicích však závisí od přístrojového vybavení hydrometeorologické stanice. V ČR jsou v převážné míře využívány klasické klimatologické stanice, které jsou většinou osazeny objemovými srážkoměry s pouhým vyhodnocením denního úhrnu. Pro potřeby metodiky jsou však využitelné jen stanice s ombrografy Obr. 3.1.1. nebo člunkovými srážkoměry Obr. 3.1.4. Intenzita se vyhodnocuje ze součtové čáry srážkového úhrnu – např. z ombrogramu – Obr. 3.1.2.

Obr. 3.1.1. Ombrograf



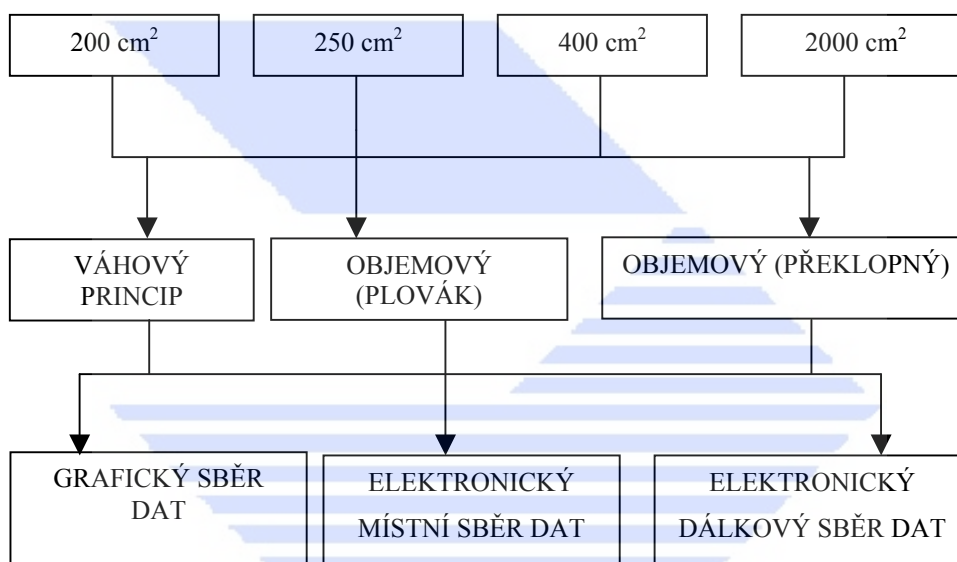
Obr. 3.1.2. Ombrogram



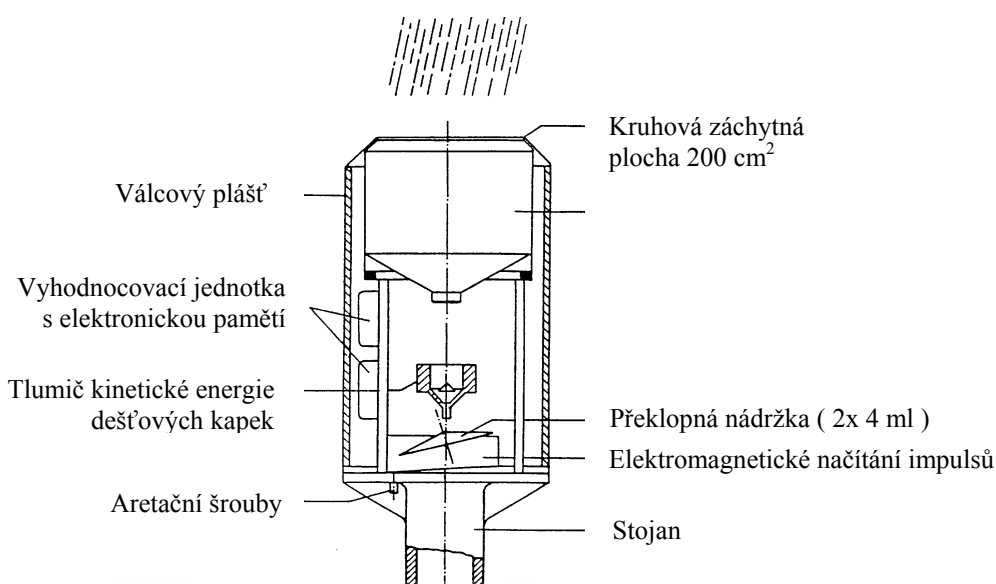
V posledních letech stále širší uplatnění získávají překlopné srážkoměry, které poskytují naměřená data v digitální formě. Srážkoměr (Obr. 3.1.4.) se skládá z čidla a vyhodnocovací jednotky. Čidlem je člunek, který se překlopí v okamžiku, kdy dešťová srážka dosáhne úhrnu 0,2 mm; což při sběrné ploše 200 cm² představuje 4 ml dešťové vody. Maximální snímatelná rychlost překlopení člunku garantovaná výrobcem je 4x1 sek. Vyhodnocovací jednotka zaznamenává do paměti každé překlopení člunku v podobě přesného časového údaje, což je digitální obdoba součtové čáry na ombrogramu. Přístroje podobné konstrukce vykazují 3 - 5 % objemovou chybu, která je způsobena výparem vody přímo ze člunku, popřípadě relativně malou sběrnou plochou. Větší hodnoty objemové chyby vykazuje srážkoměr zejména v období s dešti malé vydatnosti a s malým celkovým úhrnem, který se stačí z člunku odpařit bez překlopení.

Souhrnný přehled v současnosti využívaných systémů bodových srážkových měření (dešťových epizod) je uveden v přehledu (viz Obr. 3.1.3.).

Obr. 3.1.3. Bodové srážkoměrné přístroje a systémy



Obr. 3.1.4. Člunkový srážkoměr



3.2. Praktické aplikace měření srážek

Denní úhrny je možné vyhodnotit z primárních záznamů srážkoměrů velmi snadno. Poměrně složitější je vyhodnocení naměřených srážkových dat do formy hyetogramu deště. Tato autorizace dat je nutná pro potřeby vyhodnocení součinitele odtoku ψ_Q . Nejistoty výsledků měření jsou dány dvěma faktory. Jedním z nich je citlivost přístroje odvozená ze závislosti sběrné kruhové plochy a objemu člunku potřeného k jeho překlopení. Tento objem může vnášet do záznamu nepřesnosti způsobené výparem zbytkové vody v člunku na konci srážky. V intervalu kratším dvou dnů mezi následnými srážkami může tento objem (jedná se o 0,1 - 0,25 mm srážkového úhrnu) vylepšit srážkový úhrn následného deště. Tyto ztráty nehrají úlohu při návrhu dimenzí trubní sítě, jsou však důležité pro kalibraci dlouhodobé simulace zejména pro bilance látkového toku znečištění. Druhým závažnějším problémem u těchto přístrojů je jejich neschopnost zachytit skutečný počátek a konec deště. Tyto prodlevy je nutno odvozovat z předpokládané doby plnění člunku. Z obdobného důvodu jsou většinou dodávaného software nečitelné deště velmi nízké intenzity, které jsou bez hlubšího rozboru vyhodnocovány jako pravidelně se opakující minutové srážky s vydatností $33,4 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ (pro srážkoměr s citlivostí $0,2 \text{ mm.min}^{-1}$). Tato hodnota se tak stává minimálně měřitelným údajem vydatnosti srážky s významným dopadem chyby při vyhodnocování celkové doby trvání srážek ve sledovaném roce či automatickém stanovování počtu srážkových epizod.

Časová podrobnost (rozložení) záznamu přímo závisí na sběrné ploše srážkoměru, objemu člunku a na časovém rozmezí, v jakém bylo překlopení zaznamenáno. Takto nastavená srážkoměrná stanice poměrně dobře zaznamená celkový srážkový úhrn ve vegetačním období, avšak z hlediska časového rozložení neposkytuje bez dodatečných zásahů optimální výsledky. Proto je většinou nezbytné provést určité interpolace, pomocí kterých se zohlední nižší hodnoty skutečných intenzit. Toho se docílí prodloužením a logickým sloučením dešťoměrného záznamu (popisovaná doba deště se přiblíží reálnému stavu).

3.3. Autorizace srážkoměrných pozorování

Při zdokonalení časového rozložení původního dešťoměrného záznamu (tvorby hyetogramů deště), je nutno respektovat dvě základní podmínky, ze kterých výpočet vychází – trvání bezdeštného období a nejnižší extrapolovanou intenzitu. Technická literatura uvádí v souladu s provedeným měřením, že je-li délka „bezdeštného období“ mezi dvěma sousedními impulzy v záznamu kratší než dva dny, je možné předpokládat jejich vzájemné

ovlivnění. To znamená, že první překlopení zaznamenané před uplynutím této doby ještě může obsahovat zbytkovou vodu z předchozího deště, která zůstala ve člunku srážkoměru, ale nestačila se odpařit. Je tedy nutné toto množství přerozdělit mezi obě srážky. V opačném případě (bezdeštné období je delší) se předpokládá, že se voda, která případně ve člunku zbyla, odpařila. Oproti skutečné srážce tak mohla v záznamu vzniknout ztráta, jejíž velikost je odhadována na 5 % z celkového ročního úhrnu.

Druhá podmínka stanovuje maximální míru, na kterou je možné extrapolovat nejnižší hodnoty intenzity deště. Nejčastěji používané srážkoměry mají citlivost kolem 0,2 mm srážky, což při časovém kroku $\Delta T = 1$ min odpovídá vydatnosti deště $33,3 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$. Při řešení odtoku z území je nutno pracovat s menšími hodnotami intenzity – až $3 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, což představuje z matematického hlediska ještě přijatelnou, zhruba desetinásobnou extrapolaci. Pro výpočet to znamená, že maximální počet hodnot dopočítávaných mezi dvěma sousedními impulzy je jedenáct – a to i v případě, že doba mezi těmito impulzy je delší než 11 minut. Jinak by došlo k extrapolaci nad stanovenou mez (na hodnoty menší než námi uvažované $3 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Lze popsat tři základní varianty, jak se mohou střídat hodnoty po sobě jdoucích intenzit :

varianta „A“ - interval do 11 minut

varianta „B“ - interval v rozmezí 12 minut až 2 dny

varianta „C“ - interval delší než 2 dny

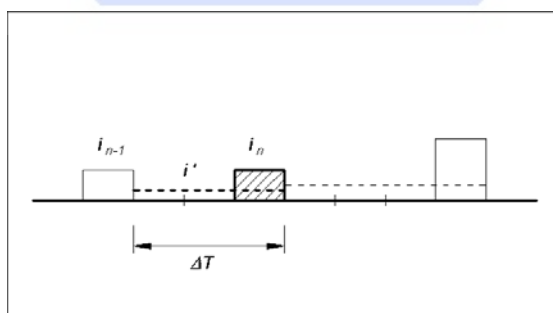
Některá z uvedených výpočtových schémat lze podrobněji popsat podle podmínky nejnižší extrapolované intenzity. Následuje názorná ukázka základních variant.

Varianta „A“

Tato metoda předpokládá, že interval ΔT mezi po sobě jdoucími zaznamenanými hodnotami intenzit není natolik dlouhý, aby během něj mohlo přestat pršet.

Autorizovaná řada je oproti původnímu záznamu delší o takový počet minut, který odpovídá trvání intervalu ΔT (max. 11 minut). Srážkový úhrn za dobu ΔT se nemění (viz Obr. 3.3.1.).

Obr. 3.3.1. Výpočtové schéma A – interval $\Delta T \leq 11$ min.

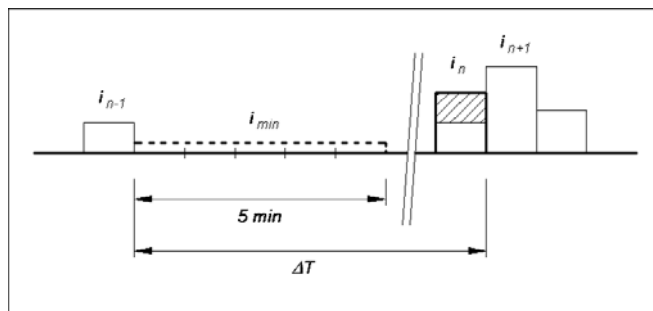


Varianta „B“

Princip výpočtu vychází z předpokladu, že se na hodnotě prvního impulzu zaznamenaného po uplynutí ΔT podílí zbytková voda z konce předchozí srážky. Její množství není přesně určeno. Autorizovaná dešťová řada je oproti původnímu záznamu delší o 5 minut.

Tuto variantu lze dále členit dle charakteru srážky – zde např. zesilující déšť (viz Obr. 3.3.2.)

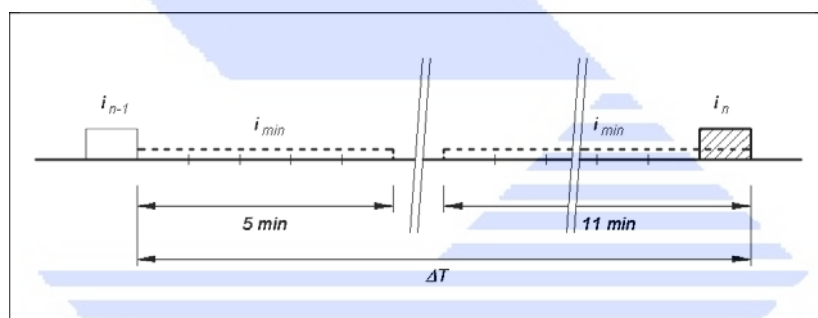
Obr. 3.3.2. Výpočtové schéma B2 - interval $11\text{min} < \Delta T \leq 2\text{dny}$, následují silné deště



Varianta „C“

Tento výpočet redukuje chybu vzniklou výparem zbytkové vody z předchozí srážky umělým prodloužením jejího konce o několik minut. Navyšované množství se liší podle charakteru srážky. Tuto variantu lze rovněž dále členit dle charakteru srážky – zde např. slabý déšť (viz Obr. 4.1.1.2.).

Obr. 3.3.3. Výpočtové schéma C1 - interval $\Delta T > 2\text{dny}$, opakují se slabé deště.



Autorizovaná dešťová řada je oproti původnímu záznamu delší o 15 minut. Srážkový úhrn za dobu ΔT se zvýšil o 0,1 mm.

Obr. 3.3.4. Instalace člunkového srážkoměru



4. Monitoring průtoků

4.1. Principy měření průtoků

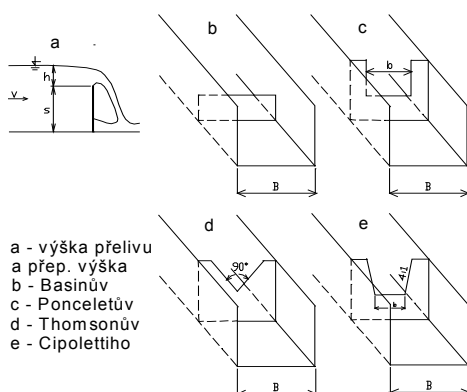
Průtok lze určovat různými metodami. Mezi dnes již klasické metody patří především měření pomocí přelivů a měrných žlabů. Tento způsob měření má však velmi mnoho nevýhod. Jednou z hlavních nevýhod je jejich náročná instalace v prostředí odvodňovací sítě. Neobejdou se bez přístrojů pro přímé měření hladin. Průtok se potom určí z kalibrované měrné křivky přelivu či žlabu, která je sestavená na základě experimentálního měření.

Mezi metody moderní patří zejména měření na základě elektromagnetické indukce nebo pomocí ultrazvuku, což jsou metody schopné podchytit nepřetržitě a rychle se měnící měřené údaje. Tyto skutečnosti kladou na přístroje a pozorovatele vysoké požadavky.

4.1.1. Měření pomocí přelivů a měrných žlabů

Princip měření průtoků pomocí přelivů se zakládá na využití poznatků z hydrauliky. K nejčastěji používaným přelivům náleží přeliv Ponceletův a Thomsonův.

Obr. 4.1.1.1. Schémata měrných přelivů

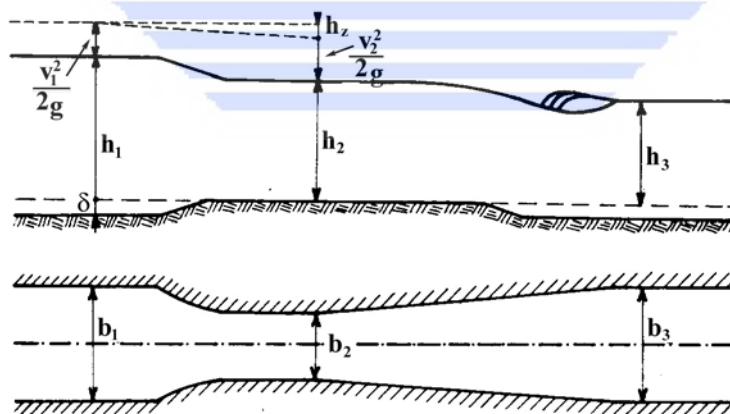


- Průtok ostrohranným obdélníkovým průřezem v přelivné konstrukci (Ponceletův přeliv, Obr. 4.1.1.1. c)
- Průtok trojúhelníkovým průřezem v přelivné konstrukci při vrcholovém úhlu trojúhelníku 90° (Thomsonův přeliv, Obr. 4.1.1.1. d) vypočítáme podle původního Thomsonova vzorce:
- Průtok kombinovaným průřezem v přelivné konstrukci, tvořeným ze dvou obdélníků nebo trojúhelníků, případně obou tvarů, se určí pro spodní výřez pomocí příslušné rovnice, v další části z měrné křivky (sestavené z experimentálních měření).

Měrné přelivy jsou určeny pro měření menších průtočných množství. Jsou nasazovány do vhodných podmínek s dostatečným spádem bez zpětného vzdutí v měrném profilu. Pro měření velmi malých průtoků je zvláště vhodný přeliv s trojúhelníkovým přelivným průřezem.

Pokud je sklon menší, což je na stokové síti obvyklé, je vhodnější pro měření průtoků použít otevřených žlabů různé konstrukce.

Obr. 4.1.1.2. Schéma Venturiho žlabu



Venturiho žlab se používá v profilech, kde nelze vyloučit vliv hladiny v profilu pod žlabem na průtok. Pro konstrukci měrného zařízení platí jen základní podmínka, aby průtočný profil byl zúžen ze stran, případně i zvýšením dna (Obr. 4.1.1.2.).

Měrný žlab s vodním skokem se používá tam, kde hladina vody v zúženém profilu není ovlivňována hladinou pod zúžením.

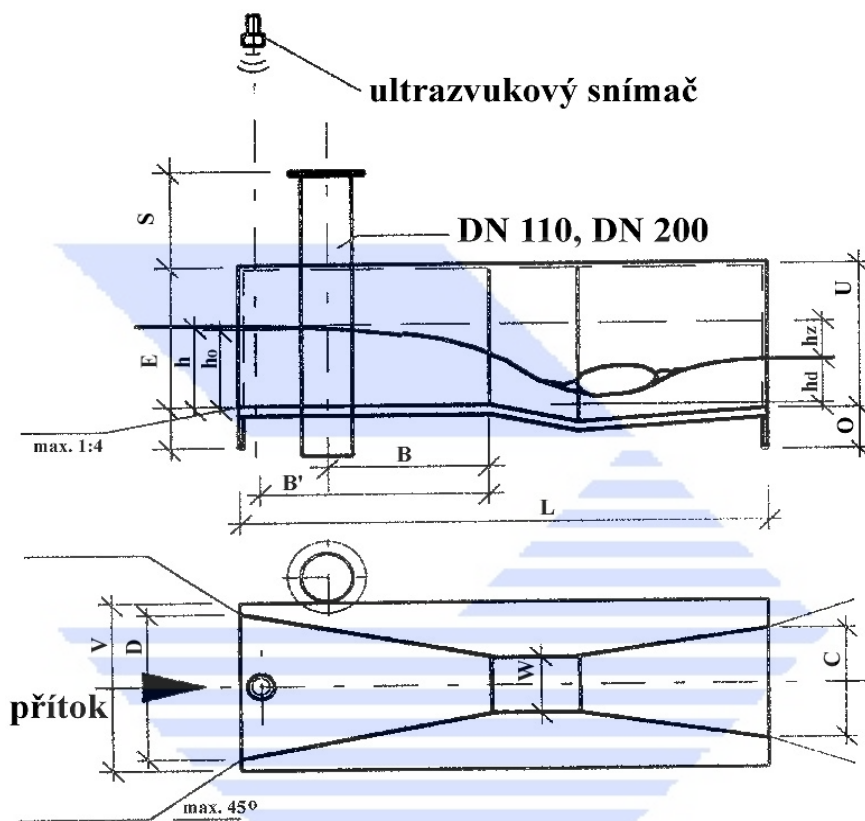
Pro žlaby s kritickou hloubkou je charakteristická část zúženého průřezu, kde se vytvoří kritická hloubka odpovídající kritickému proudění. Na základě vztahu mezi hloubkou vody a rychlostí při tomto způsobu proudění lze zjistit průtok pouze z měření hloubky vody

h_2 v zúženém profilu. Nevýhoda tohoto žlabu spočívá v tom, že bod, ve kterém říční proudění přechází v proudění kritické, se posouvá podle velikosti průtoku.

Z další skupiny žlabů je nejznámější Parshalův žlab (Obr. 4.1.1.3.). Dno tohoto zařízení v zúžené části má sklon ve směru toku a v navazující rozšiřující se části má sklon opačný. Průtok je závislý na šířce zúženého profilu.

Hloubka vody se zjišťuje nejčastěji pomocí snímačů hladiny, které mohou být ultrazvukové, radarové kontaktní, bezkontaktní apod.

Obr. 4.1.1.3. Schéma Parshalova žlabu

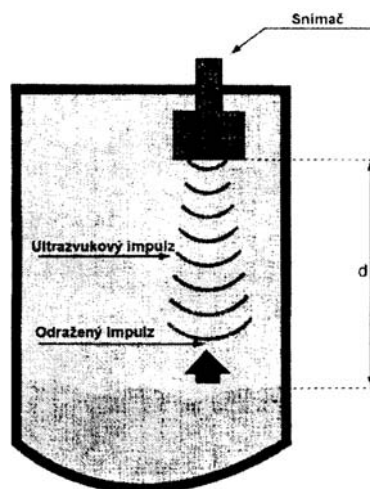


Měrné žlaby uvedených typů jsou normovány. Předpokladem přesného měření (aniž by bylo nutné žlab kalibrovat) je jejich perfektní provedení a přesné dodržení normou uvedených rozměrů.

4.1.2. Ultrazvukový hladinoměr

Patří mezi rozšířené principy bezdotykového měření hladin kapalných látek při méně náročných aplikacích. Měřicí metoda je založena na zjišťování časového intervalu mezi okamžikem vyslání ultrazvukového impulsu a okamžikem přijetí signálu odraženého od měřené kapaliny (viz Obr. 4.1.2.1.).

Obr. 4.1.2.1. Schéma měřicího principu



Časový interval t je přímo úměrný vzdálenosti d mezi snímačem a hladinou měřené kapaliny a nepřímo úměrný rychlosti šíření zvuku c v atmosféře mezi vysílačem a hladinou (obvykle jde o vzduch).

Pro správnou funkci přístroje je tedy nutné, aby rychlost zvuku pro dané měření byla konstantní. Hlavními faktory, které ovlivňují rychlost šíření zvuku v plynné atmosféře, jsou teplota (nebo teplotní gradient) a měrná hmotnost plynu. Tu ovlivňuje kromě teploty ještě tlak plynu. Pro přesné výsledky měření s těmito faktory je nutné počítat. Moderní hladinoměry založené na daném principu jsou většinou vybaveny mikroprocesorovým zpracováním signálu ze sondy, programovatelnými parametry a možností teplotní kompenzace.

4.1.3. Elektromagnetická indukce

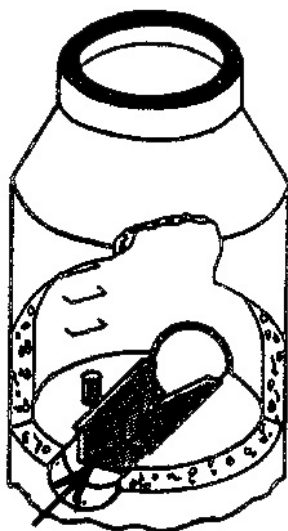
Jev elektromagnetická indukce spočívá v tom, že ve vodiči, který se pohybuje v magnetickém poli nebo který se nachází v magnetickém poli časově proměnném, vzniká elektrické napětí. Jeho příčinou je silové působení magnetického pole, indukující volný elektrický náboj ve vodiči.

U přístrojů založených na této metodě je využito principu Faradayova zákona pro měření vodivých kapalin v proměnném pulsním stejnosměrném poli. Vodivost měřených kapalin musí být vyšší než $5 \mu\text{S}/\text{cm}$.

4.1.4. Instalace měrných přelivů a žlabů

V současnosti jsou pro měření průtoku pomocí měrných přelivů a žlabů konstrukčně využívány vestavby z plastů nebo nerezavějící oceli. Přestože předem tvarované konstrukce slouží jako ztracené bednění a tím se jejich instalace výrazně zjednodušuje, je nutno tyto objekty zařadit do kategorie stabilních měrných objektů.

Obr. 4.1.4.1. Instalace Parshallova žlabu v kanalizační šachtě



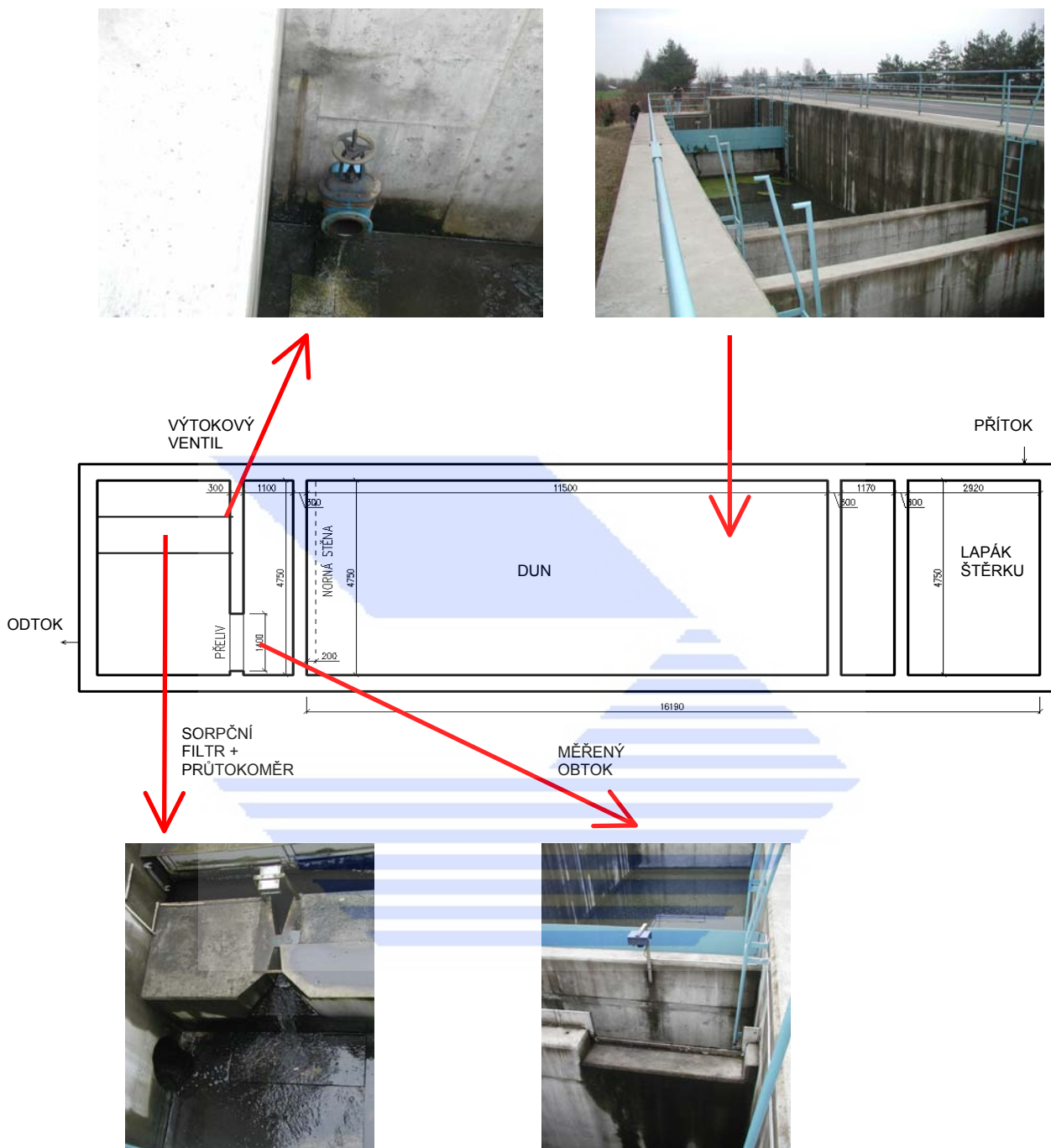
Obr. 4.1.4.2. Instalace Parshallova žlabu v otevřeném kanálu



4.2. Měření průtoků - příklad

Jako příklad monitoringu s využitím stávajícího zařízení byl vybrán objekt DUN na 72,1 km dálnice D1. Odvodňovací zařízení je vybaveno systémem měření průtoků vod z povrchu dálnice (cca. 5,375 ha zpevněných ploch) s možností automatické registrace dat podle Obr. 4.2.1. Mimo Parshalův žlab v hlavní průtočné lince DUN za odlučovačem lehkých kapalin je možno proměřit i obtok srážkových vod z dálnice pomocí „Ponceletova přelivu“. Takto je možno ve zmíněném profilu sečíst a tím zachytit veškeré údaje o srážkoodtokové činnosti odvodňovacích zařízení, které jsou součástí dálničního tělesa v měrném profilu.

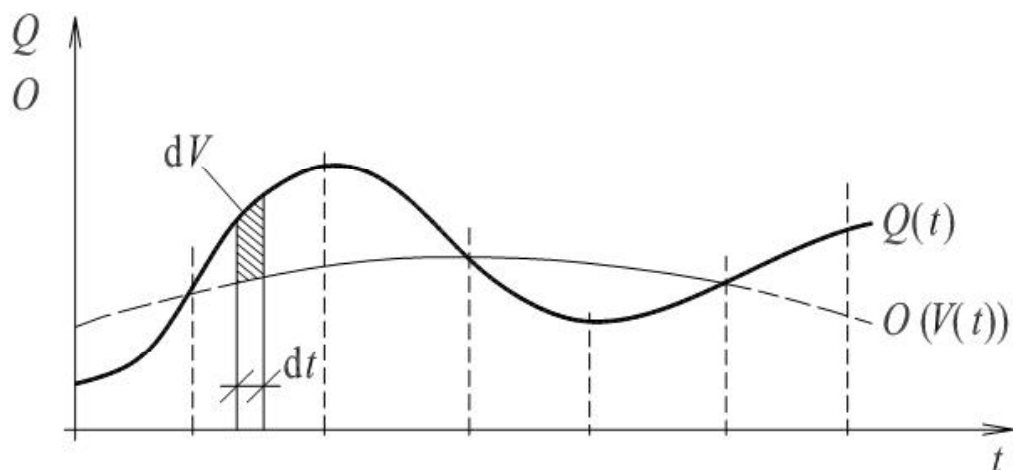
Obr. 4.2.1. Schéma dešťové usazovací nádrže instalované na odvodňovacích systémech dálnic



5. Stanovení součinitelů odtoku

Odtok z povodí dálnice (neboli přítok do DUN), je vyhodnocován jako okamžitý vztah mezi přítokem vody do retenční nádrže $Q(t)$, odtokem vody z nádrže $O(V(t))$ a objemem vody v nádrži $V(t)$. Tento vztah popisuje tzv. základní rovnice nádrže. Lze ji odvodit podle následujícího Obr. 5.1.

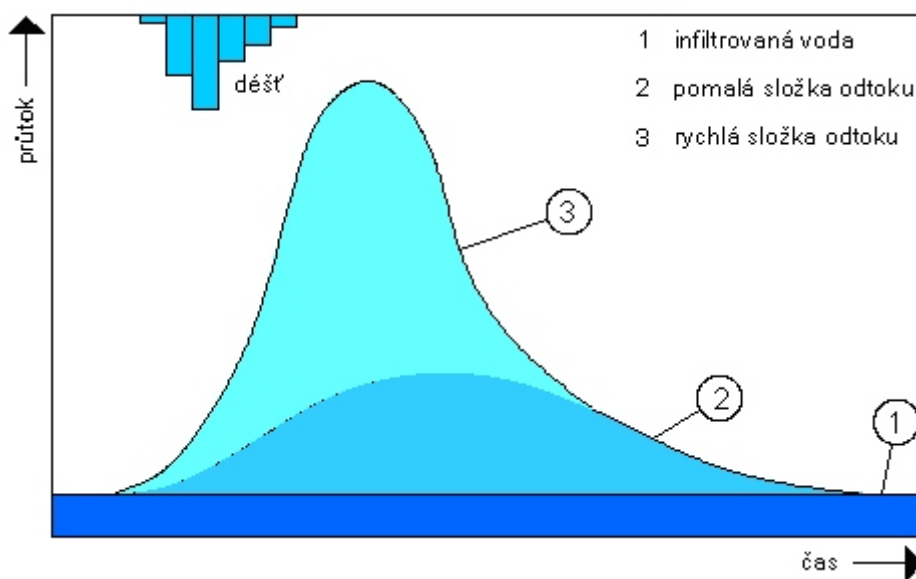
Obr. 5.1. Teoretický vztah mezi přítokem a odběrem z retenční nádrže



Vyhodnocení parametrů funkce $Q(t)$ jako přítoku srážkové vody ze sledovaného zájmového území bez ohledu na dynamiku a stochastiku procesů v oblasti hydrologických procesů komplikuje závislost a provázanost ostatních proměnných. Zejména dílčí odtoky z nádrže $O_i(V(t))$ měřené např. pomocí měrného žlabu nebo přelivu je silně závislé na rychlosti plnění (prázdnění) nádrže v čase. K zvýšení přesnosti vyhodnocení protékajících objemů je nutné zaznamenávání měřených veličin po 2 minutách v případě aktivního plnění/prázdnění retenčního objemu DUN. Pro ostatní období monitoringu vyhovuje 10 minutový krok záznamu.

Vyhodnocení hydrologických parametrů vztažených na umělé vytvořené zemní těleso (zejména korunu silniční komunikace) představuje poměrně složitý časoprostorový problém. Z časoprostorového hlediska si můžeme odtok rozdělit do tří fází jež jsou znázorněny na Obr. 5.2. Pro vyjádření poměrů objemu jednotlivých složek hydrogramu povrchového odtoku slouží řada metod.

Obr. 5.2. Schema fází hydrogramu povrchového odtoku



Jednou z běžně používaných metod v klasickém pojetí hydrologie malých povodí je metoda stanovení součinitele odtoku. Ten je možno definovat jako poměr mezi přímým povrchovým odtokem a průměrnou intenzitou srážky. Jiná definice vyhodnocující objemové složky rychlého a pomalého odtoku stanovuje odtokový součinitel jako poměr mezi objemem odtoku a srážky za určitý časový interval. Význam těchto definic je patrný z Obr. 5.3.

Objem přímého povrchového odtoku V_Q pro určitou srážku je dán integrováním plochy ohraničené dešťovým hyetogramem $Q_D(t)$:

$$V_Q = \int_{t_0}^{t_k} Q_D(t) dt = \int_{t_0}^{t_k} [Q(t) - Q_b(t)] dt, \quad (5.1)$$

kde V_Q objem přímého povrchového odtoku [m^3],

$Q(t)$ odtok [m^3/s],

$Q_b(t)$ bezdeštný odtok [m^3/s].

Máme-li změřen objem odtoku povrchové vody z povodí V_Q a známe-li plochu povodí F [ha], je možno vypočítat srážkovou výšku efektivního deště h_{ef} [mm] podle rovnice

$$h_{ef} = \frac{V_Q}{10.F} \quad (5.2)$$

Známe-li srážkovou výšku h , je možno stanovit ztráty v povodí V_z [m^3]. Tyto ztráty jsou rovny rozdílu srážkového úhrnu naměřené srážky $V = 10.h.F$ a odteklého objemu V_Q .

$$V_z = V - V_Q \quad (5.3)$$

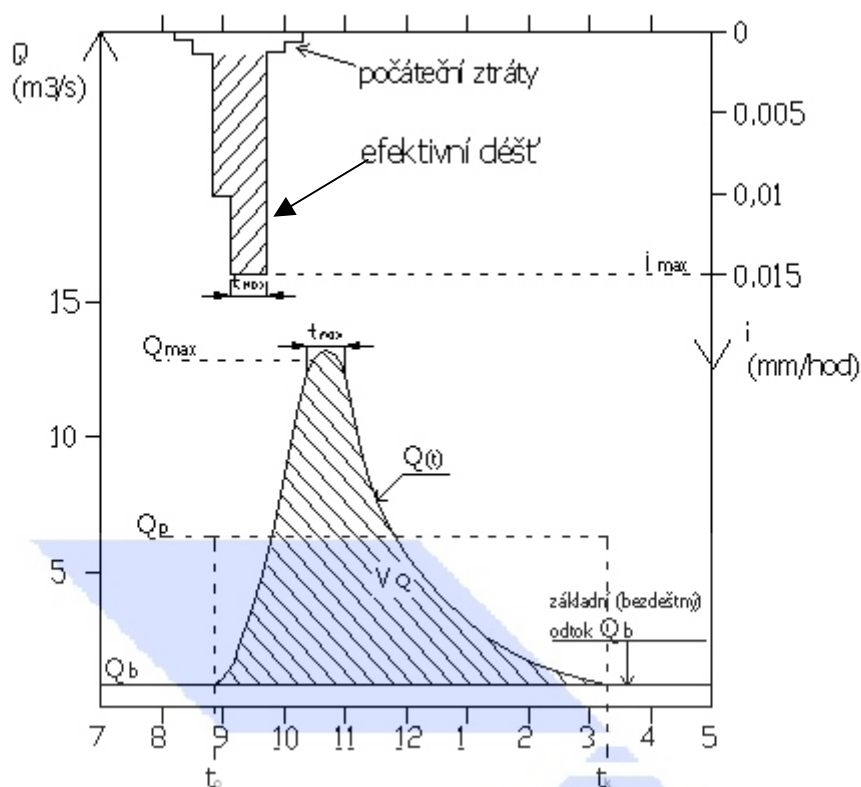
a po vydělení plochou povodí výška ztrát je

$$h_z = \frac{V_z}{10.F}. \quad (5.4)$$

Poměr odteklého objemu a srážkového úhrnu je součinitel odtoku, který je možno vyjádřit

$$\psi = \frac{V_Q}{V} = \frac{h_{ef}}{h}. \quad (5.5)$$

Obr. 5.3. Stanovení součinitelů odtoku



Ke stanovení součinitele odtoku se používá racionální metoda a také metody z ní odvozené (Bartošková, Máslova, atd.). Pro potřeby praxe byly stanoveny koeficienty odtoku pro jednotlivé typy ploch a pomocí těchto koeficientů je pak určován "střední součinitel odtoku" pro jistou část povodí. Tyto hodnoty uvedené v normě ČSN 75 6101 jsou závislé na stupni zpevnění povrchu a sklonu povrchu zájmové plochy.

Při použití tohoto typu dat o povodí je nutno si uvědomit, že byly pořízeny pro potřeby racionálních metod. Ve vstupních datech racionální metody jsou tyto hodnoty většinou uvedeny pro každý dílčí posuzovaný odvodňovaný úsek. Tato hodnota není totožná s většinou hodnot využívaných u nestacionárních numerických modelů, kde je nejčastěji požadováno "procento zpevněných ploch". Pokus o transformaci hodnoty součinitele odtoku na procento zpevněných ploch v povodí vnáší do výpočtu další nepřesnosti. Pro vyhodnocení součinitelů odtoku je tedy možné použít následující postupy:

První postup spočívá v porovnání maximální nejvyšší naměřené hodnoty přítoku do DUN s maximální teoretickou hodnotou povrchového odtoku. Tedy poměr:

$$\psi_{Q(j)} = \frac{Q_{\max(j)}}{F \cdot i_{\max(j)}}, \quad (5.6)$$

kde $\psi_{Q(j)}$ součinitel odtoku pro j-tou srážku,

Q_{\max} a i_{\max} jsou znázorněny na Obr. 5.3.

Velikost povodí F se stanoví na základě znalosti délky odvodňovaného úseku D+RS a normové šířky koruny pozemní komunikace (viz Obr. 7.1.1).

Výsledný „průměrný odtokový součinitel“ získaný zprůměrováním hodnot $\psi_{Q(i)}$ v období jednoho měsíce kalendářního roku budeme označovat symbolem ψ_Q .

Druhá metoda porovnává objem srážky s průtočným množstvím naměřeným v nádrži za odpovídající časové období. Výsledné průměrné objemové odtokové součinitele budeme označovat symboly $\psi_{V,1}$ a $\psi_{V,2}$ podle závislosti za jak dlouhé období objem vyhodnocujeme.

Celkový roční objem protékající vody ve sledovaném profilu je pak možné stanovit na základě měsíčních úhrnů od ČHMÚ pro stanovenou oblast pomocí vztahu:

$$V = F \cdot \sum_i (H_i \cdot \psi_{V,i}), \quad (5.7)$$

kde V celkový roční objem povrchového odtoku,
 F stanovená plocha zájmového území,
 H_i hodnota měsíčního úhrnu převzatá od ČHMÚ,
 $\psi_{V,i}$ střední měsíční objemový odtokový součinitel.

Využívat průměrný, celoročně platný střední odtokový součinitel (který je silně poplatný průběhu a typu ročních srážek včetně ostatních klimatických podmínek ve sledované oblasti) s ohledem na získané informace z provedených měření se nedoporučuje. Hodnoty odtokových součinitelů v již citované normě ČSN 75 6101 pro vyhodnocení objemových úloh lze doporučit jen s vědomím velké míry nejistot v nich obsažených.

Průměrný odtokový součinitel ψ_Q je zatížen rovněž značnou nejistotou, způsobenou s největší pravděpodobností netěsností odvodňovacího systému, což se projevuje značnou variabilitou jeho hodnot v závislosti na dešťových srážkách. Jeho hodnoty jsou v období srážek významně nižší než 1 vlivem úniků z odvodňovacího systému do okolí, v období po deštích významně přesahují hodnotu 1 vlivem průsaků z okolí do systému. Tento způsob výpočtu odtoku ze zájmového území je tedy vhodný pouze při dostatečně těsněném odvodňovacím systému.

Proto je doporučen pro výpočet odtoku z dálnic a rychlostních silnic postup uvedený v kapitole 6, založený na výpočtu specifického odtoku srážkových vod z jednotkové plochy odvodňované komunikace.

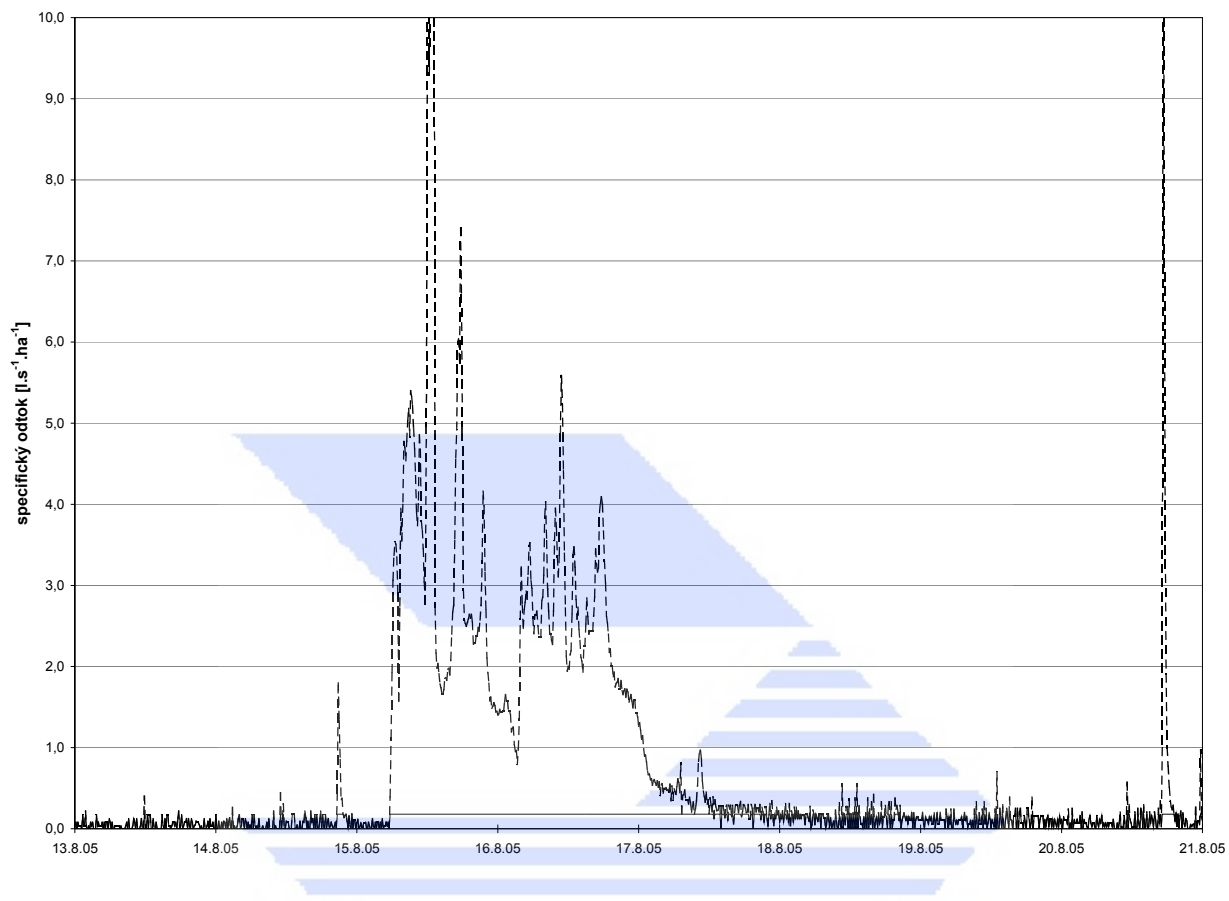
6. Stanovení specifického odtoku

6.1. Vyhodnocení specifického hydrogramu z povodí dálnic a rychlostních silnic

Výhodou dlouhodobého monitoringu je získání reprezentativních údajů o odtékajících srážkových vodách z povrchu dálnice v průběhu celého kalendářního roku – v podstatě pro každou jednotlivou událost s možností jejich vyhodnocení v návaznosti na skutečné množství vypadlých srážek z atmosféry. Vychází se přitom z výsledků kontinuálního měření na zájmové ploše, kde byl zaznamenán úplný hydrogram reálného přítoku z dálnice s časovým krokem 10 minut v průběhu 16 měsíců. Tento záznam byl přepracován do podoby specifického odtoku z povodí dálnic a rychlostních silnic. Jedná se o přepočtení reálně naměřených průtoků z měrného profilu DUN Dunice na charakteristický odtok z neredukovaného hektaru tělesa dálnice D1 v průběhu VIII. 2005 – X. 2006. S ohledem na vypadlé srážky naměřené v povodí byl vyhodnocen specifický odtok infiltrované vody z povodí. Podíl této vody na Obr. 6.1.1., kde je uvedena ukázka týdenního záznamu, prezentuje plně vyznačená křivka. Průběh všech složek povrchového odtoku (rychlé a pomalé složky odtoku včetně infiltrované vody do systému) vztažených na jeden hektar dálnice dokumentuje čárkovaná křivka. Tento postup je výhodnější zejména pro deterministické

simulační modely, jež jsou preferovány například v zahraničních podkladech [1]. Takto vyhodnocená křivka specifického odtoku se využije pro modelování povrchového odtoku z tělesa dálnice.

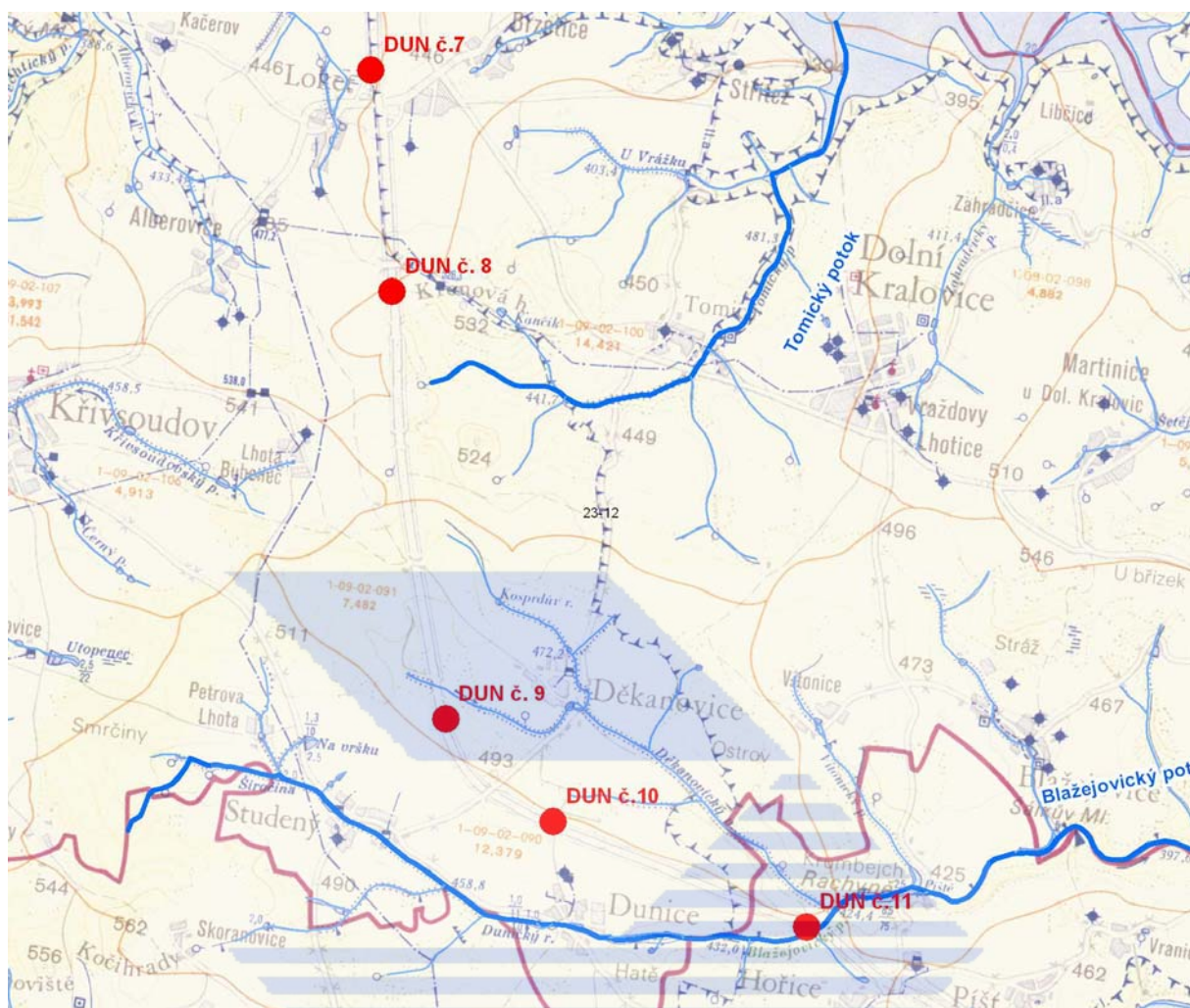
Obr. 6.1.1. Specifický odtok z D1 - DUN č. 10 (období 13.-20. srpen 2005)



6.2. Generování povrchového odtoku srážkových vod z dálnice - příklad

Získané výsledky se využijí způsobem, který názorně ukazuje příklad pro povodí povodí nádrže Švihov z DUN č. 7 až 11.

Obr. 6.2.1. Situace zájmového území s rozmístěním sledovaných nádrží



Pro stanovení okamžitého odtoku z usazovacích nádrží $O(t)$ je nutno pro každou vyhodnocovanou nádrž zadat do tabulkového procesoru (zpracováno pomocí Microsoft EXCEL) údaje o velikosti zpevněné plochy dálničního úseku v zájmovém sběrném povodí (v hektarech) a specifickou hodnotu balastní vody do systému (doporučuje se tři a více místních měření odtoku z DUN v bezdeštném období pomocí objemové metody).

Tab. 6.2.1 Tabulka měření balastních průtoků ve vybraných lokalitách na dálnici D1

Označení povodí	Měření 4.8.2007 [l.s ⁻¹]	Měření 19.8.2007 [l.s ⁻¹]	Měření 28.8.2007 [l.s ⁻¹]	Průměrný naměřený balastní průtok Q_b [l.s ⁻¹]	Poměr v průtocích balastních vod Z [-]	Poměr sběrných ploch (viz. tab.2) W [-]	Max. specifický bezdeštný odtok q_b [l.s ⁻¹ .ha ⁻¹]
DUN č. 7	0,53	0,41	0,45	0,46	5,33	0,70	0,19
DUN č. 8	0,00	0,00	0,00	0,00	není	0,70	0,06
DUN č. 9	0,09	0,04	0,05	0,06	0,69	0,98	0,10
DUN č. 10	0,13	0,08	0,05	0,09	1,00	1,00	0,09
DUN č. 11	0,33	0,29	0,32	0,31	3,62	0,74	0,15

Kde max. specifický bezdeštný odtok je vypočten empirickým vztahem získaným na základě vyhodnocení chování povodí D10, tedy:

$$q_{b(i)} = \frac{Q_{b(i)}}{F_{(i)}} + q_{b(DUN\check{c}.10)} \cdot W_{(i)}$$

Tab. 6.2.2 Základní parametry sledovaných povodí na dálnici D1

Označení povodí	Délka sběrného úseku L [m]	Šířka zpevněné plochy zájmového území B [m]	Celková zpevněná sběrná plocha zájmového území $F = L \cdot B$ [ha]	Retenční objem nádrže (bez trubní retence) [m ³]
DUN č. 7	1500	25,0	3,750	174
DUN č. 8	1500	25,0	3,750	159
DUN č. 9	2100	25,0	5,250	356
DUN č. 10	2150	25,0	5,375	143
DUN č. 11	1600	25,0	4,000	291

Navrhovaná metodika je relevantní zejména pro komunikace vedené v násypu. Dálniční úsek vedený v hlubokém zářezu nebo svahem s enormně strmým návodním zemním svahem je nutno posuzovat individuálně se započtením skutečného (většinou výrazně vyššího) přítoku cizích (balastních) přítoků.

Navrhovaná metodika využívá pro vyhodnocení přítokových hydrogramů analogie jednotkového hydrogramu vyhodnoceného v roce 2006 pro nádrž DUN č.10 s ostatními zájmovými plochami (v uvedeném příkladu pro nádrže DUN č. 7 až DUN č. 11). Hydrogramy odtoků z vyhodnocovaných nádrží je nutné samostatně zpracovat pomocí tabulkového procesoru v samostatných souborech. V následující tabulce jsou shrnuty některé důležité parametry povrchového odtoku ze sledovaných nádrží k dalšímu využití v bilančním modelu šíření znečištění.

Tab. 6.2.3 Základní parametry sledovaných povodí na dálnici D1

Označení povodí	Maximální průtok pomalé složky odtoku [l.s ⁻¹]	Maximální průtok povrchového odtoku [l.s ⁻¹]	Zimní kulminační průtok srážkových událostí [l.s ⁻¹]	Počet epizod překračujících průtok 1 hl.s ⁻¹
DUN č. 7	0,70	670	45	10
DUN č. 8	0,24	670	40	10
DUN č. 9	0,52	935	60	11
DUN č. 10	0,48	957	63	11
DUN č. 11	0,58	713	47	10

Hodnotu maximálního průtoku pomalé složky odtoku (zadávanou do jednotkového hydrogramu) získáme násobkem maximálního specifického bezdeštného odtoku odpovídající celkovou zpevněnou sběrnou plochou zájmového území, tedy ($q_b \cdot F$).

7. Měření jakosti vody

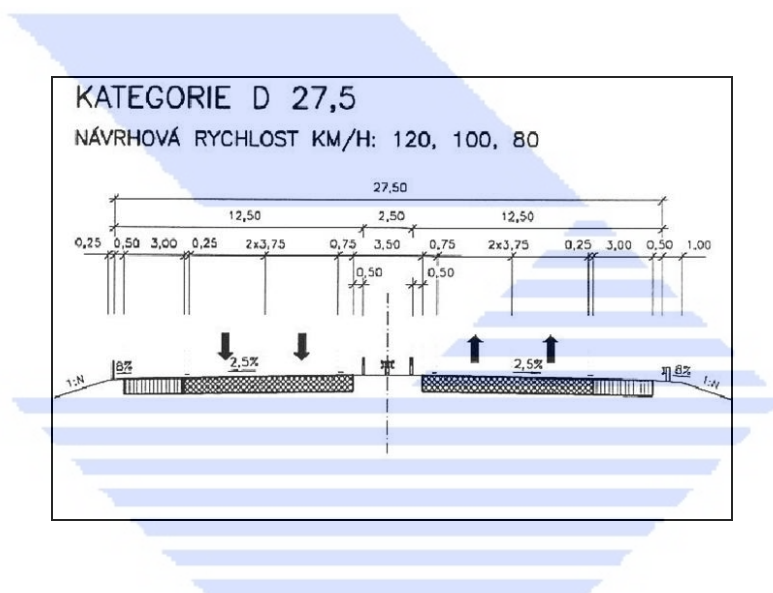
Základem pro přípravu a vlastní provádění prací pro vzorkování vody a vodního prostředí jsou české normy v řadě ČSN ISO 5667 uvedené v kap. 10. Kvalifikace a certifikace pracovníků pro odběr je řešena ve spolupráci s akreditovanými laboratořemi, zajišťujícími i kvalifikované provedení odběru a manipulace se vzorky.

7.1. Výběr profilu

Obecně lze uvést, že výběr odběrného profilu na D+RS musí splňovat kritéria bezpečnosti a reprezentativnosti. Reprezentativnost je dána zejména účelem vzorkování, kdy se zaměřujeme na emisní nebo imisní hodnoty, tj. odtok z komunikace nebo recipient:

Vybírána jsou místa, kde dochází k soustředěnému odtoku z komunikace např. odvodnění z mostu, nátok do dešťových usazovacích nádrží nebo malých betonových jímek. V případě sledování jakosti vody v recipientu se odběr provádí v místě dokonalého promísení. Vybraný profil musí být také reprezentativní pro intenzitu provozu daného úseku. Plocha odvodňovaného území a další projektované parametry, které jsou potřebné při vyhodnocení jsou zjišťovány z projektových dokumentací. Požadavek zajištění bezpečnosti práce při odběrech na frekventovaných komunikacích je zcela zřejmý. Profil má být vybrán tak, aby umožňoval přístup z komunikace mimo D+RS, jako např. na obr. 7.1.2.

Obr. 7.1.1. Vzorový řez - návrhová kategorie D 27,5



Obr. 7.1.2 Příklad odběrného profilu

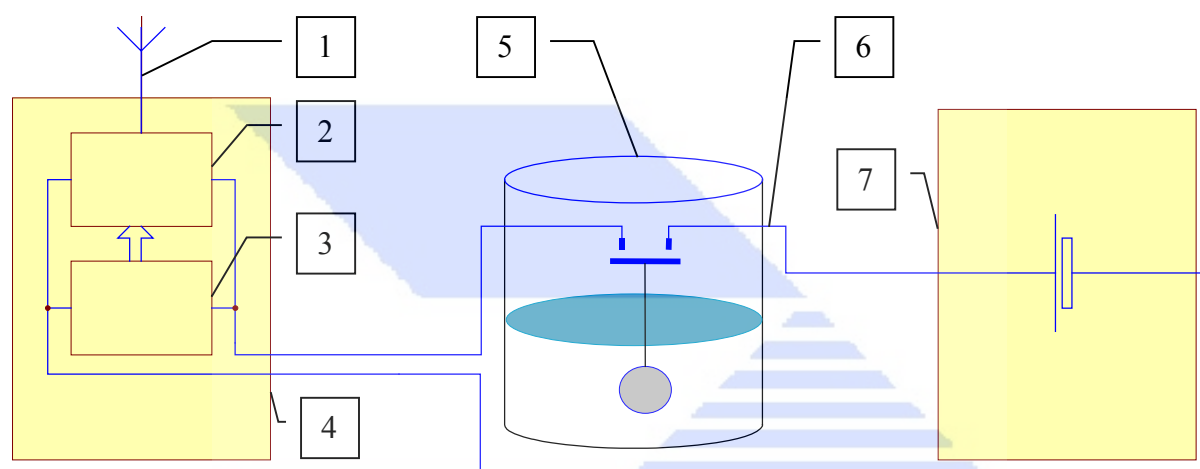


7.2. Odběr

Odběr vzorků tekoucích i stojatých povrchových vod (ČSN EN ISO 5667-1až 6, 16) může být prováděn buď manuálně (prosté, směsné vzorky) nebo automaticky (prosté, směsné vzorky). Pro odběry jsou k dispozici různé typy odběrových nádob a vybavení. Pro povrchové vzorkování se používají plastové kádinky nebo jiná plastová odběrná nádoba na kloubu nebo zavěšené a pomocné zařízení – teleskopická odběrná tyč, lano, nálevka, kanystr s pitnou vodou. Automatické vzorkovače jsou určeny pro směsné vzorky, ale lze s nimi odebírat i prosté vzorky menších objemů. Umožňují provádět odběry do plastových nádob v předem daných časových intervalech.

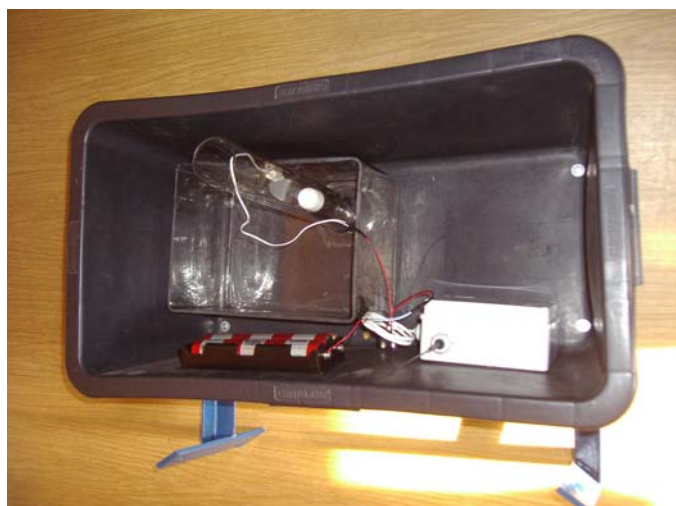
Pro účely okamžitého odběru na dálnici bylo v rámci grantového úkolu vyvinuto odběrné zařízení s automatickou signalizací. Princip tohoto vzorkovače je uveden na obrázcích 7.2.1 a 7.2.2:

Obr. 7.2.1. Schéma odběrného zařízení s automatickou signalizací



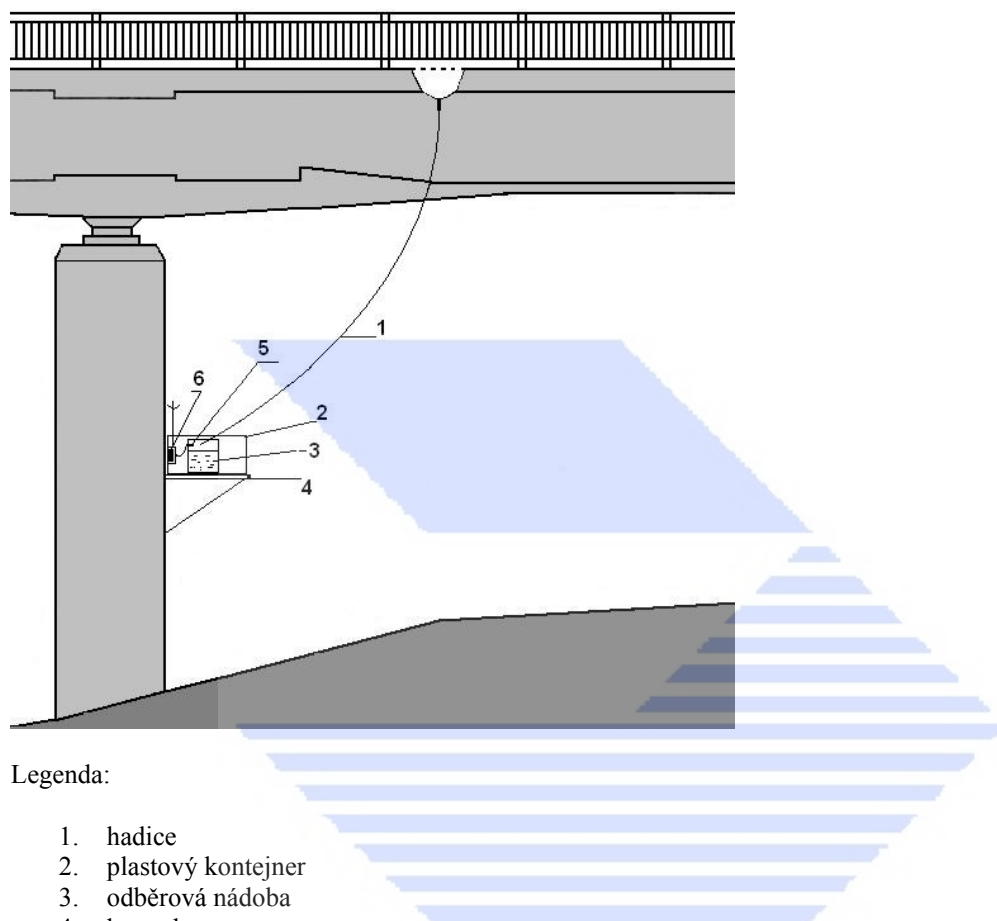
- 1 Vodotěsně vyvedená anténa
- 2 GSM modem
- 3 Řídící mikropočítač
- 4 Krabice IP55 odolná počasí
- 5 Vzorkovací nádoba s plovákovým spínačem
- 6 Přívod napájení 12Vss
- 7 Baterie nebo akumulátor 12Vss

Obr. 7.2.2. Odběrné zařízení s automatickou signalizací



Po natečení vzorku vody do odběrné nádoby dochází k propojení obvodu a přístroj pošle signál v podobě SMS nebo e-mailové zprávy. Výhodné je umístění tohoto vzorkovače na mostní konstrukci viz Obr. 7.2.3. Celé toto zařízení bylo zrealizováno pro potřeby daného úkolu a lze je pro daný typ okamžitého odběru doporučit. Při různých možnostech umístění je třeba vždy vybrat takovou lokalitu, kde bude minimalizována možnost zničení vandaly.

Obr. 7.2.3. Příklad umístění odběrového zařízení s dálkovým hlášením provedeného odběru



Legenda:

1. hadice
2. plastový kontejner
3. odběrová nádoba
4. konzola
5. hladinový spínač
6. vysílací modul

7.3. Manipulace s odebranými vzorky

Odebrané vzorky povrchové vody se rozlijí do předem připravených a označených vzorkovnic, jejichž materiál (sklo či plast), objem, způsob naplnění je uveden v Protokolu o odběru vzorků povrchových vod akreditovaných laboratoří. Vzorkovnice se vzorky se umístí do přenosného chladicího boxu s mrazíci vložkami (teplota do 5 °C) a transportuje do laboratoře.

Vzhledem k tomu, že se jedná o analýzy velmi nízkých koncentrací látek, je třeba dodržovat všechna ustanovení týkající se správného vzorkování (ČSN EN ISO 5667-14). Obecné normy určují rámcové postupy strategie vzorkování a obecné přístupy k vzorkovacím pracím, v praxi je proto také nutné je konfrontovat s normovanými postupy laboratoře, která provádí analýzy vzorků.

7.4. Hodnocení kvality vody

Na základě výsledků provedených měření (Tab. 7.4.1) je navrhován rozsah ukazatelů pro sledování kvality vod odtékajících z dálnic a rychlostních silnic. Tento seznam obsahuje jednak tzv. prioritní nebezpečné látky dané směrnicí EU a také ukazatele, jejichž výskyt je s ohledem na nacházené koncentrace případné sledovat. Vzhledem k ustanovení z nařízení vlády o sledování 90% percentilu znečištění (Q90) je vhodné k hodnocení provést za sledované období minimálně 10 analýz. Při provedení $n \times 10$ analýz je pak Q90 rovno $(n+1)$ -tému nejvyššímu výsledku příslušné analýzy. V Tab. 7.4.1 jsou také uvedeny k porovnání hodnoty nazvané Pracovní cíl 2005 [10], které byly použity pro stanovení rizikových vodních útvarů ve fázi zpracování charakterizace oblasti povodí pro ČR v roce 2005. Celý tento hodnotící proces vychází ze směrnice 2000/60/ES a je v současnosti dále upřesňován. Je součástí přípravy plánů povodí, které mají být přijaty v roce 2009.

Tab. 7.4.1 Ukazatele kvality vod odtékajících z dálnic a rychlostních silnic

Ukazatel kvality vody	Jedn.	Průměr	Medián	Q90	Nař. vl. 229/2007	Prac. cíl 2005
Pb	$\mu\text{g.l}^{-1}$	3,82	2,40	6,10	14,4	5
Cd*	$\mu\text{g.l}^{-1}$	0,406	0,190	0,770	0,7	0,2
Ni*	$\mu\text{g.l}^{-1}$	45,3	21,8	132	40	5
Hg	$\mu\text{g.l}^{-1}$	0,199	0,140	0,270	0,1	0,1
Cr*	$\mu\text{g.l}^{-1}$	4,83	4,50	6,80	35	2
Cu	$\mu\text{g.l}^{-1}$	19,0	13,7	52,8	25	2
Zn	$\mu\text{g.l}^{-1}$	142	69,0	400	160	10
Cl	mg.l^{-1}	1095	726	1 510	250	
C10-C40	mg.l^{-1}	0,145	0,145	0,88	0,1	
benzo(b) fluoranten	ng.l^{-1}	7,66	3,75	20,4	60	30
benzo(k) fluoranten	ng.l^{-1}	5,87	3,65	15,7	60	30
benzo(a)pyren	ng.l^{-1}	5,63	2,10	11,8	100	50
benzo(g,h,i)perylene	ng.l^{-1}	6,29	3,33	13,1	30	16
indeno(1,2,3-cd)pyren	ng.l^{-1}	5,69	3,25	15,5	30	16
fluoranten	ng.l^{-1}	21,2	9,80	63,0	200	90
Σ 6 PAU	ng.l^{-1}	7,66	3,75	20,4	200	

*vyskytují se statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými lokalitami

Medián překračuje Prac. cíl 2005

Q90 překračuje nař. vl. 229/2007

7.5. Měření a hodnocení toxicity

Výsledky měření koncentrací organických látek a kovů obsažených ve vzorcích vody splachované z dálničních úseků nejsou při porovnání s imisními limity ve všech případech dostatečně průkazné. Proto nabývá na významu provádění testů toxicity, které mohou určit souhrnný toxický účinek, testovaný na vybraných organismech vodního prostředí. Inhibiční účinky prostředí na některý z článků potravního řetězce vodního ekosystému (producent – konzument - destruent) mohou být příčinou významného narušení rovnováhy celého systému. Akutní toxicita byla v případě vod z dálnic dosud stanovována na dvou testovacích organismech: sladkovodní řase *Scenedesmus quadricauda* (producent) a sladkovodním korýši *Daphnia magna* (konzument).

Pro tento účel doporučujeme sledovat akutní toxicitu vzorků dálničních splachů na zástupcích všech 3 trofických úrovní např. – producent (rostliny, řasy), konzument (bezobratlí živočichové, ryby), destruent (bakterie). Seznam metod a organismů pro testy ekotoxicity, zavedené v ČR pro hodnocení chemických látek a jakosti vody, jsou uvedeny v ČSN EN ISO 6341 a ČSN EN 28692.

Metody jsou použitelné pro stanovení toxicity chemických látek, které jsou rozpustné ve vodě nebo mohou být udržovány jako stálé suspenze či disperze za podmínek zkoušky a přitom se výrazně nerozkládají ani nevylučují ze zkoušeného systému; dále pak pro všechny druhy vod, zejména pro vody odpadní (čištěné i nečištěné), povrchové a podzemní.

Odběr vzorků vody se provádí podle normativně popsáných postupů pro odběr daného typu vzorku. Láhve z tmavého skla o objemu 1 litr se zcela naplní vzorkem, aby se zamezilo přístupu vzduchu, po odběru jsou vzorky uchovávány v chladu.

Principem testů je stanovení inhibice životních projevů testovaných organismů v závislosti na koncentraci zkoušené látky nebo vzorku a na čase v porovnání s kontrolním testem. Pro řasové kultury je využívána změna specifické růstové rychlosti, pro bezobratlé organismy je stanovováno % úbytku živých jedinců. Stanovovaným parametrem je střední účinná koncentrace EC50 ("effective concentration"), tj. koncentrace zkoušené látky, která má za následek 50% úmrtnost testovaných organismů v průběhu 24 hodin (24h-EC50) nebo 48 hodin (48h-EC50) a jednotka toxicity TU ("toxicity unit") = 100/EC50.

Ke stanovení akutní toxicity na bezobratlé organismy lze použít komerční kity, např. pro korýše *Daphnia magna*, *Daphnia pulex* *Thamnocephalus platyurus* nebo testy provádět na organismech, chovaných za standardních podmínek (např. korýši, ryby). Testované organismy se liší citlivostí k toxickým účinkům chemických látek. Řasové testy lze provádět standardně kultivací v Erlenmayerových baňkách nebo mikrometodou, měření absorbance je v obou případech prováděno spektrofotometricky. Testy se provádí např. na sladkovodních řasách (*Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus subspicatus*, *Selenastrum capricornutum*) nebo na vyšších rostlinách (např. *Sinapis alba*). Test toxicity na bakteriích se provádí stanovením inhibičního účinku vzorků vod na světelnou emisi luminiscenční bakterie *Vibrio fischeri*.

Tab.7.5.1 Požadavky na výsledky ekotoxikologických testů

Podle TU (toxicity unit): podle Persoone, G.,(1993)		Podle % inhibice (% mrtvých): podle vyhlášky 294/2005 Sb.	
TU = 0	netoxický	< 30 %	netoxický
TU < 1	mírně toxický	≥ 30 %	toxický
TU = 1-10	toxický		
TU = 11-100	velmi toxický		
TU > 100	extrémně toxický		

Toxicita vzorku se hodnotí z hlediska dvou parametrů: Vzorek považujeme za toxický, působí-li průkaznou inhibici životních projevů testovaných organismů kterékoli trofické úrovně (podle Vyhlášky 294/2005 Sb. je to pro řasy a vyšší rostliny >30 %; bezobratlé >10-30 %; ryby >0 %) nebo je jeho TU > 0.

8. Odběry a měření jakosti kalů

Odběrem kalů z dešťových usazovacích nádrží a dnových sedimentů z recipientů se získávají informace o míře zatížení akumulovanými znečišťujícími látkami. V případě kalů

z nádrží jsou výsledky chemických analýz důležité pro určení dalšího postupu pro deponování kalu po vyčištění nádrže. Odběry se provádí podle ČSN EN ISO 5667-12 a jsou používány různé typy ručních vzorkovačů jako např. odběrná kovová nádoba o objemu 500 ml na dřevěné manipulační tyči, pístový vzorkovač o průměru trubice 50 mm s tyčí nebo ruční vzorkovač tvořený kovovou odběrnou nádobou na čelistovém uzavíracím principu na manipulační tyči. Odebrané vzorky jsou převedeny po homogenizaci do připravených plastových vzorkovnic, umístěny v chladících boxech a dopraveny do laboratoře.

Výsledky (vodný výluh, celkový obsah v sušině) jsou porovnány s limitními hodnotami uvedenými v přílohách č.2 a č.10 k vyhlášce 294/2005 Sb. O podmínkách ukládání odpadů na skládky. Nejvyšší přípustné koncentrace vybraných ukazatelů v sušině, umožňující deponování na povrch terénu podle dané vyhlášky, jsou uvedeny v Tab. 8.1:

Tab. 8.1 Nejvyšší přípustné koncentrace škodlivin v sušině odpadů podle vyhl. 294/2005 Sb.

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota
As	mg/kg sušiny	10
Cd	mg/kg sušiny	1
Cr celk.	mg/kg sušiny	200
Hg	mg/kg sušiny	0,8
Ni	mg/kg sušiny	80
Pb	mg/kg sušiny	100
PAU*	mg/kg sušiny	6
Uhlovodíky C10-40	mg/kg sušiny	300
PCB	mg/kg sušiny	0,2

* suma PAU - anthracenu, benzo(a)anthracenu, benzo(a)pyrenu, fluoranthenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(g,h,i)perylenu a indeno (1,2,3-c,d) pyrenu, fenantrenu, naftalenu, chrysenu,

Hodnocením nebezpečných vlastností odpadů a zajištěním autorizovaného odběru, provedením laboratorních analýz, ekotoxikologických testů výluhů a dalších požadavků podle vyhlášky 294/2005 Sb. se zabývá řada odborných firem. Seznamy těchto osob, které byly MŽP a MZd pověřeny k hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, jsou uvedeny na www.env.cz.

9. Bilanční model jakosti

Zjištěné parametry množství a jakosti srážkových vod odtékajících z povrchu dálnic na určitém odvodňovaném úseku lze využít k modelovému posouzení dopadu na recipienty v daném povodí. Jako příkladová studie byl zpracován model posouzení vlivu odtoku z DUN na Tomický a Blažejovický potok v povodí nádrže Švihov na Želivce [7]. Modelové posouzení vlivu dešťových usazovacích nádrží (DUN) a odtoku z nich na jakost vody v recipientech bylo provedeno pro vybrané průtokové stavy (vyšší a nižší charakteristické průtoky). Data nezbytná pro účely bilančních matematických modelů jakosti vody sestávají z následujících typů dat:

- geometrická a topologická data;
- hydrologická data;
- data o zdrojích znečištění;

Tabelární sestavy pro vstup do modelu obsahují již agregovaná data a mají zohlednit vnos znečištění z celého povodí (resp. dílčího mezipovodí). Tabulka obsahuje následující údaje:

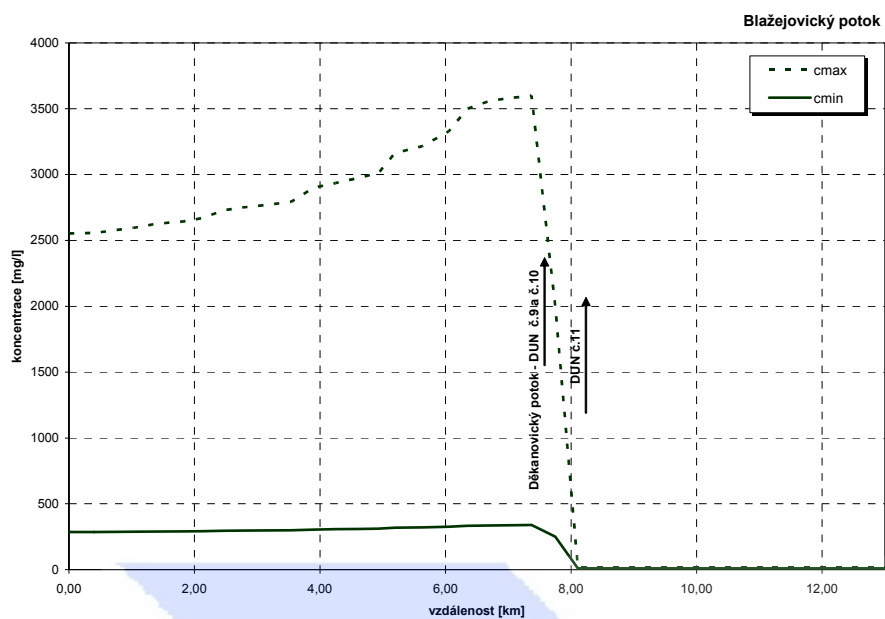
- číslo uzlu, jímž je zajištěna vazba na topologii sítě vodních toků;
- staničení v [km] poskytuje informaci o poloze uzlu;
- vnos znečištění (přísun chloridů) připadající danému uzlu;
- koeficient, který vyjadřuje odbourání znečištění na cestě od zdroje až po příslušný uzel na toku. V koeficientu je zahrnut vliv manipulace se znečištěním přímo u zdroje, vliv samočištění a úbytek znečištění vlivem odbourání látkového zatížení v tocích na povodí daného uzlového profilu. V případě chloridů byl tento koeficient roven 1.

Pro vlastní modelové hodnocení byly na základě výsledků hodnot koncentrací sledované látky (chloridů) a průtokových poměrů zvoleny dva reprezentativní scénáře. Charakteristické stavy jsou definované z hlediska vodnosti období. Při stanovení průtokových poměrů se vycházelo z definované sítě uzlů, které byly voleny s ohledem na charakter úseku mezi jednotlivými výpočetními uzly a z příslušné plochy náležící k uzlu. Průtoky byly odhadnuty pro dva charakteristické stavy (vyšší – cca Q_a a nižší cca Q_{270}). Dle hydrologického atlasu jsou přibližně hodnoty průtoků $Q_a = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q_{270} = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}$. Je tedy zřejmé, že zájmové (modelované) toky jsou drobné toky s poměrně nízkými průtoky.

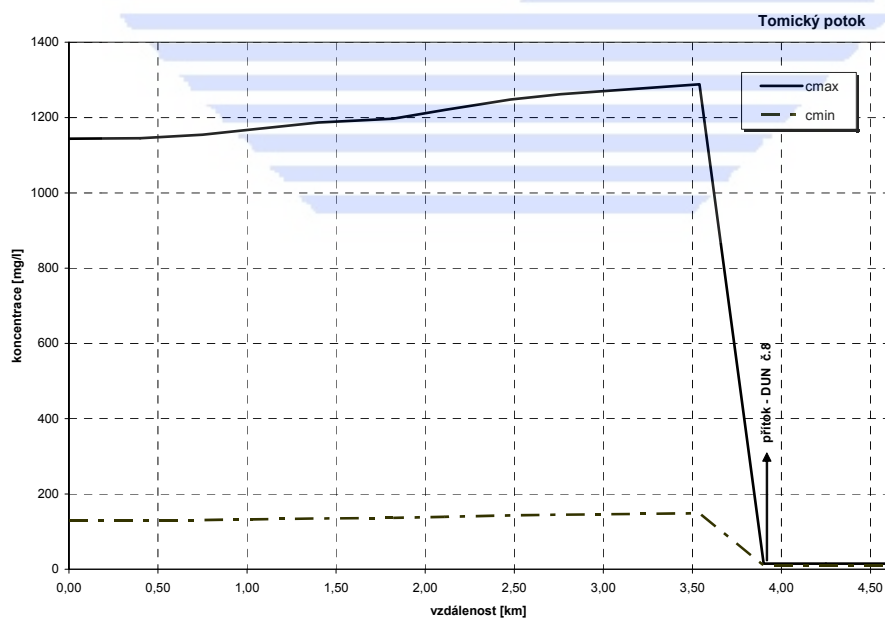
Zvolené hodnoty koncentrací, které vychází z podkladů získaných měřeními v letech 2005-2007 jsou v letním období 1300 mg/l (maximální hodnoty) a 150 mg/l (minimální hodnoty) a zimním období 9000 mg/l (maximální hodnoty) a 1300 mg/l (minimální hodnoty).

Pro příklad jsou na obr. 9.1.1. a 9.1.2. uvedeny grafy znázorňující modelovaný tok koncentrací chloridů v podélném profilu daných recipientů. I když bylo pro dané scénáře koncentrací (léto, zima) a průtoků (vyšší, nižší stav) použito různého stupně zjednodušení, mohou být získané výsledky vhodným podkladem i posouzení havárií, pro předpovědi efektu nápravných opatření a pro vyhodnocení výsledků zásahů do povodí.

Obr. 9.1.1. Blažejovický potok – vyšší průtoky, zimní konc. chloridů



Obr. 9.1.2. Tomický potok - nižší průtoky, letní konc. chloridů



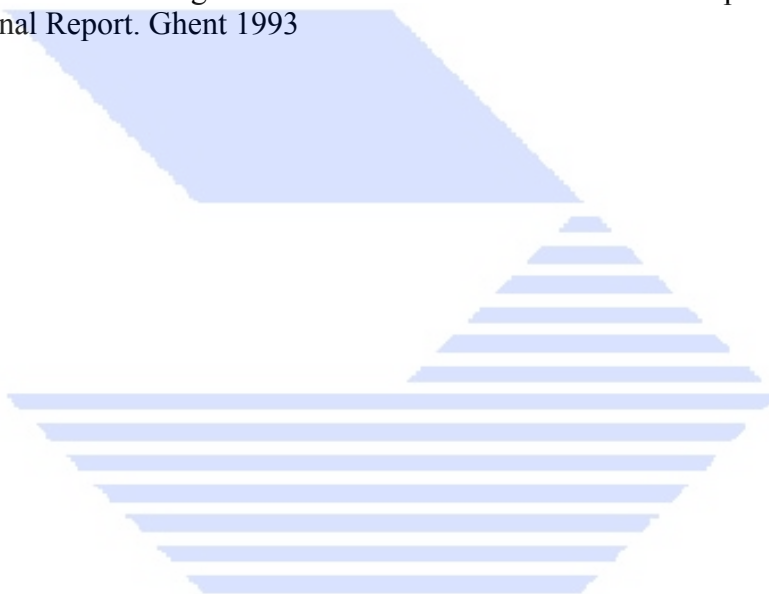
10. Související normy a předpisy:

- ČSN EN ISO 5667-1 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků
- ČSN EN ISO 5667-3 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 3: Návod pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi
- ČSN EN ISO 5667-4 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 4: Pokyny pro odběr vzorků z vodních nádrží
- ČSN EN ISO 5667-6 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 6: Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků
- ČSN EN ISO 5667-10 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod
- ČSN EN ISO 5667-11 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 11: Pokyny pro odběr vzorků podzemních vod
- ČSN EN ISO 5667-12 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 12: Pokyny pro odběr vzorků dnových sedimentů
- ČSN EN ISO 5667-14 Jakost vod - Odběr vzorků - Část 14 : Pokyny k zabezpečování jakosti odběru vzorků vod a manipulace s nimi
- ČSN EN ISO 5667-16 Jakost vod-Odběr vzorků-část 16: Pokyny pro biologické zkoušení vzorků
- TNV 75 7741- Mikrometoda stanovení toxicity a trofického potenciálu řasovým testem
- ČSN EN ISO 6341 Zkouška inhibice pohyblivosti *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) – Zkouška akutní toxicity
- ČSN EN 28692 Zkouška inhibice růstu sladkovodních řas
- ČSN EN 14735 (83 8004) Charakterizace odpadů - Příprava vzorků odpadu pro testy ekotoxicity
- ČSN 75 0121 Vodní hospodářství-Terminologie vodních toků
- ČSN 75 0101 Vodní hospodářství-Základní terminologie
- ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic
- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky
- TP 51 Odvodnění silnic vsakovací drenáží, 1991
- TP 83 Odvodnění pozemních komunikací, MD 2008
- TP 107 Odvodnění mostů PK, MD 2008
- Vzorové listy staveb pozemních komunikací, MD
- Vyhláška 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 23. října 2000 ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky
- Zákon 76/2002 Sb. o integrované prevenci a o omezování znečištění
- Nařízení vlády 229/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

11. Literatura

- [1] Highway Runoff Manual M31-16. US Washington State Department of Transportation, 2004
- [2] Haloun, R. Integrovaný přístup k systému odvodnění. Pracovní seminář ČVUT, 1994.

- [3] Haloun, R. Modelování odtoku z intravilánu. Skriptum ČVUT Praha, 1993.
- [4] Fuksa, J. K. Příručka pro vzorkování vody a vodního prostředí. Účelová neperiodická publikace. Výzkum pro praxi. Seš.49. VÚV Praha T.G.M., 2003. ISBN 80-85900-53-X
- [5] UK Highway Agency. Dostupné na <<http://www.highways.gov.uk/>>
- [6] Krejčí, V. a kol. Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. NOEL 2000 s.r.o. Brno 2002.
- [7] Julínek, T. Modelové hodnocení vlivu dešťových usazovacích nádrží na jakost vody v recipientech. Zpráva pro VÚV T.G.M. Brno 2007
- [8] Richtlinien für di Anlage von Strassen. Teil Entwässerung RAS-EW. Forschungsgesellschaft für Strassen and Verkehrswesen. Köln 2005.
- [9] Prax, P. Monitoring a vyhodnocení srážkoodtokových poměrů na dálnicích a rychlostních silnicích v roce 2005 až 2006 pro vyhodnocení dopadu procesu na vodní útvary ve smyslu směrnice 2000/60/ES. Zpráva pro VÚV T.G.M. Brno 2006
- [10] Rosendorf, P. a kol. Pracovní cíle dobrého stavu vodních útvarů povrchových vod a podzemních vod. VÚV T.G.M., 2004
- [11] Persoone, G., Goyvaerts, M., Janssen, C., DeCoen, W., Vaugheluwe, M. Cost-effective Acute Hazard Monitoring of Polluted Waters and Waste Dumps with the Aid of Toxkits. Final Report. Ghent 1993





Vydalo: Ministerstvo dopravy
Odbor infrastruktury

Zpracoval: RNDr. Jiří Huzlík (CDV)
Ing. Danuše Beránková (VÚV T.G.M)
Ing. Petr Prax (VUT)

Počet stran: 33 stran

Distributor: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i.
Mojmírovo nám. 16, 612 00 Brno
www.vuv.cz

2008 10 - výtisků

