

Srážkoodtokové poměry dálničních a rychlostních komunikací – informace o dílčích výsledcích grantového úkolu MDČR v roce 2005

*Danuše Beránková¹, Helena Brtníková¹, Josef Kupec¹,
Jiří Huzlík², Vilma Jandová²,*

Abstract

The aim of the paper is to introduce very actual theme on influence of surface runoff from highway on water quantity and quality. There are presented the first results of the research project supported by the Czech Transport department. The most important issues of the world literature review (10 topics) as well as the results of the former monitoring on the city circle, and the latest results of D1 and D5 highway runoff monitoring are given.

Úvod

Příspěvek seznamuje s výzkumným projektem Ministerstva dopravy ČR „Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary ve smyslu Směrnice 2000/60/ES ustavují rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky“, jehož řešení plánované na období 2005 – 2007 zajišťuje Výzkumný ústav vodohospodářský ve spolupráci s Centrem dopravního výzkumu a VUT Brno a dalšími odborníky. Výstavbou dálnic a rychlostních komunikací dochází k nárůstu zpevněných ploch a při intenzivních srážkách i k ovlivnění odtokových poměrů zejména u drobných toků. Současně se tímto způsobem dostávají do vodního prostředí také polutanty specifické pro silniční dopravu.

Problematika dopadu na povrchové a podzemní vody v důsledku intenzivního provozu je aktuální v ČR zejména u hlavních dálničních tahů a ve městech. Provozem automobilů dochází k emisnímu uvolňování řady polutantů, z nichž mnohé patří i do skupiny prioritních nebezpečných látek, jejichž koncentrace ve vodním ekosystému mají členské státy EU snížit a zastavit.

Jedním z konečných cílů řešeného grantu je ověření skutečné úrovně koncentrací nebezpečných polutantů v odtokových vodách z dálnic a posouzení jejich významnosti či nevýznamnosti z pohledu trvalé zátěže. Dalším stanoveným cílem projektu je měření a hodnocení srážkoodtokových poměrů na dálničních úsecích a porovnání se způsoby výpočtu danými oborovými technickými předpisy a používanými v projektech pro odvodňování dálnic.

¹ Ing. Danuše Beránková, Ing. Helena Brtníková, RNDr. Josef Kupec Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, pobočka Brno, Dřevařská 12, 657 57 Brno, tel. 5413 212 24, e-mail: danuse.berankova@wri.cz

² RNDr. Jiří Huzlík, Ing. Vilma Jandová, Centrum dopravního výzkumu, Líšeňská 33a, 636 00 Brno, tel. 541 633 742, e-mail: huzlik@cdv.cz

Poznatky z rešerše zpracované v roce 2005

Z databází DATARES, Vodohospodářské informace a z internetového vyhledávání byla v roce 2005 zpracována literární rešerše [5] a tím soustředěna řada poznatků ze zahraničí, které se týkají jak kontaminace vodního prostředí v důsledku dešťových splachů z povrchu intenzivně využívaných silnic a dálnic, tak i nakládání s těmito vodami. Tématický okruh kvality a kvantity splachů z komunikací je poměrně široký. Zahrnuje nejen různé poznatky o výskytu a zachytu smývaných znečišťujících látek, ale také návrhy na řešení situace včetně technologií a vhodné provozní praxe.

Celkově lze tuto problematiku rozčlenit do 10 tématických okruhů, s následujícími nejdůležitějšími poznatky:

Dopady silniční dopravy na životní prostředí

Kontaminanty z městského provozu jsou kumulativní s vlivem na toxicitu, zejména u komunikací, u nichž intenzita provozu přesáhne 30 000 aut za den. Konstrukce nepropustných ploch značně mění hydrologický cyklus větším množstvím vody odváděným do blízkých recipientů, rozstříkem z povrchů s nepropustným asfaltem se transponuje více polutantů než odtokem vody. Vznikající emise jsou připisovány abrazi a rozkladu asfaltu a pneumatik, korozi svodidel, depozici výfukových produktů a únikům z vozidel.

Nerozpuštěné pevné látky

Přítomnost pevných látek v odtoku poškozuje říční ekosystém zvýšením zákalu a zanášením sedimentem, na jehož nejjemnější jílovitou frakci (částice < 50 μm) jsou navázány polární organické molekuly a těžké kovy, které mohou působit akutní či chronickou toxicitu.

Těžké kovy

Toxické kovy jako např. Cd a Pb jsou nalézány v dálničním odvodnění ve stále klesajících koncentracích. Relativní mobilita při vyluhovacím testu byla stanovena v pořadí Cd, Zn, Pb. Zinek, Cu a Fe se nacházejí jak v rozpuštěných, tak i v nerozpuštěných formách, což je ovlivněno různými fyzikálními, chemickými a biologickými interakcemi. Koncentrace partikulárně vázaných kovů jsou významnější oproti rozpuštěné fázi. Hlavními složkami z komunikací splachovaných pevných částic jsou železo a hliník.

Polycyklické aromatické uhlovodíky

PAU se do půdy a vody dostávají suchou a mokrou depozicí a splachy ze silnic. Ve vodě odtékající z dálnice byly na suspendované látky vázány zejména polyaromáty s vyšší molekulovou hmotností, což vede k jejich následné akumulaci v sedimentech. Nízkomolekulární PAU se třemi aromatickými kruhy (fluoren, anthracen, fenantren, mohou být během remobilizace přeměněny na rozpuštěnou formu nebo mohou i vytékat. V některých případech nebyla zjištěna korelace mezi délkou předchozího suchého období a množstvím PAU, což je zřejmě způsobeno ztrátou sloučenin z povrchu silnice vytěkáním, fotooxidací nebo dalšími oxidačními procesy. V povrchové vodě převažovaly PAU se třemi aromatickými kruhy, zatímco v sedimentech převažovaly PAU se 4 kruhy (fluoranthén, pyren, benz(a)anthracen. Zdroji PAU jsou otěr z asfaltu, pneumatik a brzd aut, jemné částice pocházejí ze spalovacích motorů.

Účinek prvního splachu (first-flush effect)

Mnoho studií identifikovalo projevy prvního splachu (first-flush effect), tak že je ve vodě odtékající v počáteční fázi 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.)

Zimní údržba

Rozmrazovací prostředky (zejména NaCl a aditiva) aplikované na dálnicích a silnicích během zimního období způsobují velké problémy s kvalitou jak povrchové, tak i podzemní vody v okolí komunikací. Je to zapříčiněno zejména vysokým obsahem chloridových iontů (stovky miligramů až gramy/l). Současně se zvyšuje i toxicita rozpuštěných kovů.

Aditiva v posypových solích

Do posypových solí jsou přidávány protispékací přísady – zejména hexakynoželeznaté sloučeniny (v ČR 75 mg CN/kg). Tyto kyanidové formy, které jsou následně ve vodním prostředí disociovány a rozloženy, jsou netoxické pro člověka nebo jen mírně toxické pro vodní biotu.

Toxicita

V dešťové vodě odtékající z urbanizovaných ploch se může projevit akutní toxicita a genotoxicita, což je ovlivňováno zdroji, obdobím, vlastnostmi srážky aj. Obecně byly určité toxické účinky zaznamenány, ale často jen ve splachu nebo při velkých odtokových množstvích z odvodňovaných silnic s velkým provozem do malých recipientů. Vysoká toxicita (testy *Daphnia magna*, Microtox) je zaznamenávána výhradně během zimních měsíců při dešti na sníh nebo při tání.

Opatření pro odvedení a čištění dešťové vody z komunikací

Rozlišuje se několik typů opatření k zamezení znečišťování. K opatřením přímo u zdroje patří např. zavedení bezolovnatého benzínu, používání konstrukce svodidel bez zinku, zachycování polutantů ve svrchní vrstvě krajnic. Dále jsou navrhovány filtrace půdními filtry, suché a mokré usazovací nádrže, umělé mokřady, vegetační čištění aj. Nejlepší 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 Británie.

Porovnání propustného a nepropustného asfaltu

Propustný asfalt, který obsahuje nejméně 20 % podílu pórů zabraňuje akvaplaningu a rozstříku vody. Schopnost zadržet vodu zpomaluje její odvedení do výpusti a zmírňování průtokové špičky. Výsledky ukazují, že povrchový odtok z řádně udržovaného porézního asfaltu obsahuje nižší koncentrace znečišťujících látek. Hlavním mechanismem je filtrace příp. zadržování rozpustných forem adsorpcí, uplatňují se i biologické procesy (biosorpce, biodegradace - původní nebo i dodávaná mikrobiální biomasou). K udržování propustnosti je však třeba povrch pravidelně čistit. Uvolněné částice a polutanty jsou vysáty vodou, kal je separován a transportován jako odpad.

Výsledky měření

Z dřívějších poznatků, získaných v rámci úkolů Výzkumného ústavu vodohospodářského [1], zaměřených na plošné znečištění a městský splach, vyplynula významnost znečištění odtékajících vod z frekventovaných úseků městského okruhu. Při kontrolních analýzách na komunikacích ve středu města Brna byly zjištěny kontaminace odtokové vody těžkými kovy (zejména Pb, Cu, Zn, Cr) a také NEL, které několikanásobně převyšovaly imisní limity dané nařízením vlády. Např. na ulici Kotlářské v Brně s tehdejší intenzitou provozu (cca do 20tis. voz./den), se pohybovaly koncentrace Pb v dešťové vodě odtékající do kanálu v rozmezí 104,9 – 237 $\mu\text{g.l}^{-1}$, zatímco na ulici Dřevařská s velmi nízkou intenzitou provozu (cca do 500 voz./den), dosahovaly koncentrace 19,5 – 78,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Rozdíl mezi oběma různě zatěžovanými lokalitami byl potvrzen také v případě analýzy sněhu, který působí jako adsorpční materiál a reprezentuje tak dlouhodobější zátěž v průběhu zimního období. Koncentrace Hg, které se pohybovaly v rozmezí 0,82 – 3,45 $\mu\text{g.l}^{-1}$, byly spojovány s možností kontaminace z použitého posypového materiálu.

Rovněž poznatky získané Centrem dopravního výzkumu při řešení projektů [2, 3, 4] ukazují významnost znečištění okolí komunikací vlivem dopravy. Při sledování kontaminace vod a sedimentů šesti dešťových usazovacích nádrží (DUN) a havarijní nádržky na dálnici D1 [2] NEL bylo zjištěno, že vody z nich odtékající v řadě případů nevyhovovaly požadavkům na kvalitu pro povrchové vody daným tehdejší legislativou. Také odebrané sedimenty kromě jednoho případu nevyhovovaly kritériím pro obsah NEL v zeminách stanoveným v Metodickém pokynu MŽP ČR z roku 1996 a představovaly z tohoto pohledu určité riziko pro životní prostředí. Při sledování kontaminace vod NEL v DUN č. 10 bylo zjištěno, že nadlimitní kontaminace vznikala při spontánním uvolnění většího množství nasorbovaných organických látek ze sedimentů v této usazovací nádrži.

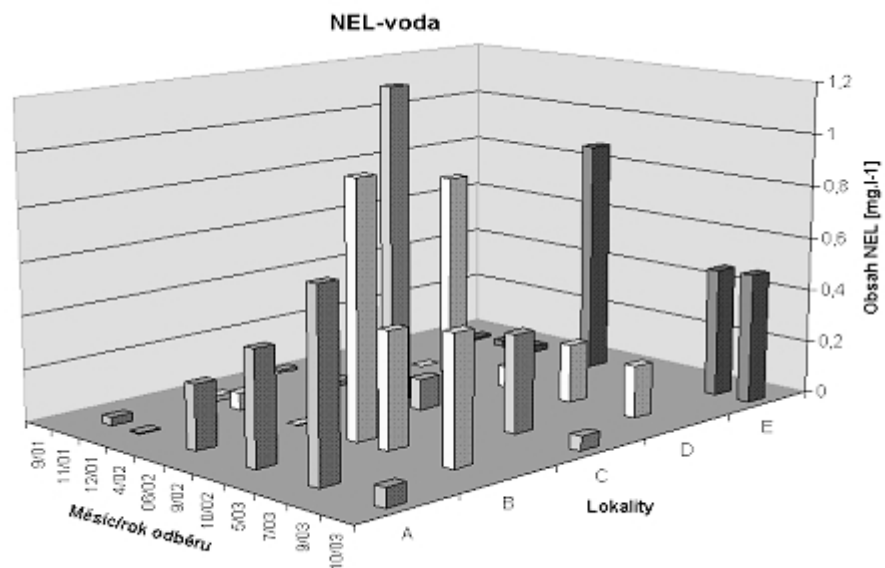
Při výzkumu vlivu dopravy na kvalitu splachových vod odtékajících z pozemních komunikací [3] byly sledovány koncentrace vybraných polutantů (NEL, PAU, BTEX) u vzorků vod a sedimentů odebraných z uklidňovacích nádržek na pěti lokalitách dálnice D1. Chemické analýzy byly z důvodu zjištění vlivu znečištění na živé organismy doplněny také o baterii testů toxicity (producenti, konzumenti, destruenti). Výsledky obsahu NEL ve vodách jsou znázorněny na obrázku 1. Limitu pro povrchové vody nevyhovovala většina z celkového počtu 30ti analyzovaných vzorků. Z celkem 28 odebraných vzorků sedimentů překročilo kritéria C (rizikové zatížení, $\geq 500 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny) 15 vzorků, z toho 12 vzorků překročilo kritérium C-prům ($\geq 1000 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny).

Jak ukazuje obrázek 2, obsahy PAU ve vodách překročily limity ČSN 75 7221 – Klasifikace jakosti povrchových vod - pro silně a velmi silně znečištěnou vodu v 7 případech, v ostatních případech se jednalo o mírně znečištěnou a znečištěnou vodu. Žádný ze vzorků sedimentů nepřekročil kritérium B, (možný negativní vliv na prostředí s $\text{PAU} \geq 190 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny).

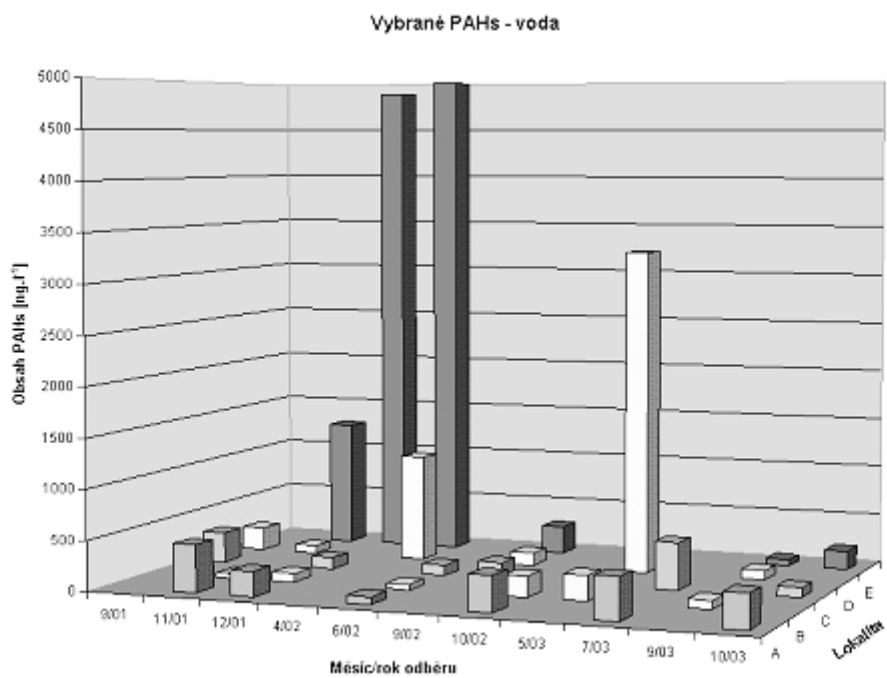
V roce 2001 byly měřeny obsahy těkavých organických látek ve vodách, tj. monoaromátů benzenu, toluenu a xylenů, které jsou součástí paliv. Výsledky rozborů deseti odebraných vzorků ukázaly, že tyto těkavé polutanty neohrožují vodní prostředí, protože jejich obsah nepřekročil ani limity stanovené ČSN 75 7211 pro pitnou vodu.

Na odebraných vzorcích byly ke zjištění působení kontaminace vod a sedimentů v okolí dálnice na živé organismy provedeny testy toxicity na třech trofických úrovních. Pro kvantifikaci toxického působení bylo zavedeno hodnocení pomocí indexů toxicity. Jejich hodnota byla získána tak, že každému výsledku testu byla přisouzena hodnota 3 při prokázané toxicitě, 2 při mírné toxicitě, 1 při zjištění možnosti mírné toxicity a 0 pro netoxické vzorky. Z takto ohodnocených výsledků byly spočteny průměry za celé období testování pro každou trofickou úroveň a každé prostředí (obrázek 3).

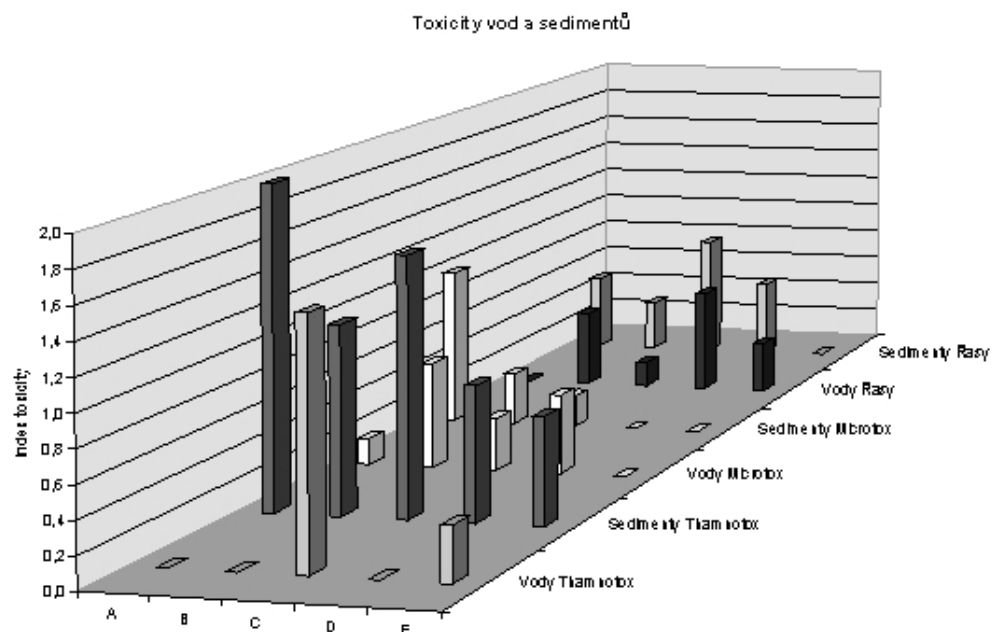
Při získávání podkladů pro tvorbu metodiky hodnocení kvality vod a horninového prostředí v okolí dopravních sítí [4] je několik let sledována kvalita vod a sedimentů v retenčních nádržích na dvou lokalitách dálnice D5. Odběry vzorků zde probíhají dvěma způsoby a to klasickými bodovými odběry a metodou pasivního vzorkování pomocí semipermeabilních membrán - SPMDs (Semi Permeable Membrane Devices). U všech odebraných vzorků jsou sledovány koncentrace PAU a u bodových vzorků vod a sedimentů také koncentrace NEL. V těchto nádržích jsou prováděny i odběry bioty (kapr) a analyzovány vzorky svalové tkáně. Dosavadní výsledky analýz prokazují překročení potravinářských limitů pro obsahy polyaromatických uhlovodíků. Koncentrace NEL ve vodách nesplňují až na jeden vzorek imisní limit pro povrchové vody a v sedimentech překračují koncentrace ve všech případech hodnoty kritéria C ($\geq 500 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny). Obsahy PAU ve všech vzorcích vod a sedimentů (bodové i SPMDs) naopak použitým hodnotícím limitům vyhovují.



Obrázek 1 Obsahy NEL ve vodách



Obrázek 2 Obsahy PAU ve vodách



Obrázek 3 Schematické znázornění toxicity vod a sedimentů v jednotlivých lokalitách za období 2001 až 2003

V rámci výzkumných prací realizovaných v roce 2005 byly odebírány vzorky vody přitékající z dálničního odvodnění do dešťových usazovacích nádrží (DUN) jednak v období tání a dále při dešťových epizodách na několika lokalitách dálnice D1 ve směru Praha - Brno v oblasti Českomoravské vysočiny u nádrže Želiv.



Obrázek 4 Přítok vody z dálnice do DUN

Rozsah provedených chemických analýz byl velmi široký, byl zaměřen na minerální látky, širokou škálu kovů i organických sloučenin. Stanovována byla také toxicita. K možnému porovnání nástupu znečištění z provozu byly realizovány odběry na nezprovozněném

úseku dálnice D1 u Ivanovic n. Hané. Získané výsledky potvrzují, že všeobecně detekovatelnými skupinami polutantů a při akumulaci např. ve zbytcích sněhu i problémovými jsou PAU, ropné látky, některé kovy, chloridy. K vyplavování chloridů ve vysokých koncentracích dochází dlouhodoběji. Výběr z dosavadních výsledků měření je uveden v tabulce 1.

Tab. 1 Výsledky analýz vybraných vzorků vod z okolí dálnice D1

		D1 61,5 km	D1 61,5 km	D1 61,5 km	D1 81,5 km	D1 81,5 km	D1 81,5 km
ukazatel	jednotka	16.3. sníh	16.3. přítok	1.6. přítok	16.3. sníh	16.3. přítok	1.6. přítok
Cl ⁻	mg.l ⁻¹	42,2	1167	937	70,9	1135	193
EL	mg.l ⁻¹	1,58	0,77	0,99	1,36	4,76	0,63
Pb	μg.l ⁻¹	85,7	2,7	4,3	54,6	17,9	5,4
Ni	μg.l ⁻¹	73,0	54,7	174	26,4	8,7	4,0
Cr	μg.l ⁻¹	29,1	6,4	2,5	21,5	6,6	5,9
Zn	μg.l ⁻¹	1405	167	205	722	621	32
Al	μg.l ⁻¹	7490	338	275	5630	2330	822
Fe	μg.l ⁻¹	15540	470	283	11820	4220	291
Σ PAU	ng.l ⁻¹	363,3	139,5	<39	187,6	253,8	<37

Závěr

Účelem tohoto příspěvku bylo podat informaci o dosavadních výsledcích měření kvality odtokové vody z komunikací a aktivitách uskutečněných v rámci řešeného grantového úkolu pro MDČR. Výsledky potvrzují významnost zátěže zejména v období tání sněhu, akumulaci polutantů v pevných matricích a problémové vyplavování chloridů. Z dlouhodobějších měření dále vyplývá, že koncentrace sledovaných polutantů ve vzorcích vykazují stále stoupající tendenci, která souvisí se zvyšováním intenzity dopravy na sledovaných úsecích dálnic.

Literatura:

1. BARTOŠOVÁ, A., BERÁNKOVÁ, D., OŠLEJŠKOVÁ, J., PRAX, P.: *Plošné zdroje znečištění DÚ 02. Projekt Morava*, Brno, VÚV: 1999, 77 s.
2. DUFEK, J., TRÍSKA, V., SVOBODA, F. *Stabilizace a postupné snižování zátěže životního prostředí z dopravy v České republice*. CDV, Brno 2000. 68s.
3. HEINRICH, J., HUZLÍK, J., MAREŠOVÁ, V. *Vliv dopravy na kontaminaci hydrosféry*. In: *Výzkum spolehlivosti a bezpečnosti dopravy a vlivu dopravy na životní prostředí ve vztahu k trvale udržitelné mobilitě*. Brno : CDV, 2004. 37 s.
4. ADAMEC, V., DOSTÁL, I., DUFEK, J., GALLE, D., HUZLÍK, J., CHOLAVA, R., JEDLIČKA, J., KUTÁČEK, S., MAREŠOVÁ, V., MARVANOVÁ, S., SILOVÁ, R., ŠEĎA, V., ŠUCMANOVÁ, M., ŠVANDA, J., TRHLÍKOVÁ, B., TVARŮŽKOVÁ, J. *Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy*. (Výroční zpráva projektu VaV CE 801 210 109 za rok 2003). Brno: CDV, 2004, 201 s.
5. BERÁNKOVÁ, D. BRTNÍKOVÁ H.: *Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary ve smyslu Směrnice 2000/60/ES. 1. část Rešerše*. Brno, VÚV. 2005, 101 s.

