

Informationssystem für die Erfassung der Abwassereinleitungen bei Regenwetter in der Tschechischen Republik

I. Kabelkova¹, T. Metelka², F. Krejci², D. Stransky¹, D. Hrabak², G. Stastna¹ und M. Suchanek²

¹Tschechische Technische Universität in Prag, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften, Abteilung für Gesundheits- und Umwelttechnik, Thakurova 7, 166 29 Prag 6, Tschechische Republik

²DHI AG., Na Vrsich 1490/5, 100 00 Prag 10, Tschechische Republik

*Email des korrespondierenden Autors: kabelkova@fsv.cvut.cz

Kurzfassung In der Tschechischen Republik (CR) wird ein Informationssystem zur Beurteilung der Abwassereinleitungen bei Regenwetter auf Gewässer entwickelt. Dieses System ermöglicht die Verknüpfung und Auswertung von berechneten Emissions- und Immissionsdaten mit den untersuchten Angaben in Gewässern. Für die Bewertung der Gewässerbeeinträchtigung wurden methodische Grundsätze aus Österreich und Deutschland übernommen, die verwendeten Richtwerte wurden an die Verhältnisse in CR angepasst. Das Informationssystem basiert auf der Architektur fetter Dienstnutzer (Plattform MIKE CUSTOMIZED by DHI) – Server (Postgre Server mit PostGIS Extension) und besteht aus drei Schichten (Daten-, Präsentations- und Applikationsschicht). Die Systemanwendung in der Praxis wurde anhand einer Pilot-Studie bestätigt. Das System ermöglicht die problematischen Abwassereinleitungen bei Regenwetter sowohl aus lokaler als auch aus regionaler Sicht zu identifizieren, zu bewerten und den Handlungsbedarf zu bestimmen.

Schlagwörter: Informationssystem, Mischwasserüberläufe, Emissionen, Immissionen, Gewässer, Regenwetter

1 EINLEITUNG

Das Projekt, das in diesem Beitrag vorgestellt wird, wurde durch zwei Tatsachen motiviert: Erstens ist der Stand der Abwasserreinigung in Tschechien wesentlich besser geworden, was zur Folge hat, dass die relative Bedeutung der stofflichen und hydraulischen Belastung der Fließgewässer während Regenwetter steigt. Die bestehenden Informationssysteme der Wasserwirtschaft (HEIS CR, ISyPo) und der Staatsverwaltung in Tschechien (ISVS) beinhalten zwar eine Reihe von geographischen Angaben und Attributen des Flussnetzes, die z.B. Durchflüsse, Wasserqualität, Abgrenzung der Fischgewässer, Einleitungen von kommunalen und industriellen Punktquellen und ökologischen Zustand der Gewässer umfassen, es fehlen jedoch die Angaben über Abwassereinleitungen bei Regenwetter.

Zweitens fehlt oft die Verbindung zwischen den Massnahmen in der Siedlungsentwässerung und dem ökologischen Zustand der Fließgewässer. Fallstudien (Kabelkova und Stastna, 2011) haben gezeigt, dass die natürliche Biozönose, die bereits oberhalb des urbanen Einzugsgebietes aus gewässermorphologischen Gründen (oder seltener wegen niedriger Wasserqualität) beeinträchtigt wird und nur von hoch tolerablen Taxonen zusammensetzt ist, von Mischwasserentlastungen kaum beeinträchtigt wird. Die Massnahmen in der Siedlungsentwässerung alleine haben deshalb keinen Sinn, wenn der ökomorphologische Gewässerzustand (und/oder die Wasserqualität bei Trockenwetter) nicht verbessert wird. Auf der anderen Seite kann man beobachten, dass in naturnahen Fließgewässern mit hoher Wasserqualität, die Wiederbesiedlung nach der Störung durch Abwassereinleitungen bei Regenwetter sehr schnell erfolgt und dass die räumliche Ausdehnung der Störung relativ kurz ist (eher Zehner als Hunderte Meter). Diese Tatsachen sollen in der Zukunft vermehrt bei der Planung von Massnahmen berücksichtigt werden.

Das Projekt "Informationssystem für die Erfassung der Abwassereinleitungen bei Regenwetter und ihrer Auswirkungen auf Gewässer" (ISOK) soll die genannten Tatsachen berücksichtigen und zur Planung von gezielten und lokal-spezifischen Massnahmen beizutragen.

2 VERWENDETE METHODEN

2.1 Numerische Beurteilung

Die Methodik der numerischen Beurteilung von Auswirkungen der Abwassereinleitungen bei Regenwetter auf Gewässer wurde aus ÖWAV-Regelblatt 19 (2007) übernommen. Die Richtwerte der Emissions- und Immissionskriterien wurden an die tschechischen Verhältnisse angepasst (Kabelkova et al., 2010). Im genannten Projekt wurde zusätzlich auch eine Klassifizierung der Verletzung der Emissionskriterien und der Gewässerbeeinträchtigung vorgeschlagen. Die methodischen Grundsätze werden hier kurz vorgestellt.

Die Emissionskriterien werden einerseits auf das gesamte Einzugsgebiet der Mischkanalisation einer Kläranlage, andererseits auf einzelne Entlastungsbauwerke bezogen.

Die Emissionskriterien für das gesamte Einzugsgebiet der Mischkanalisation sind Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung gelöster Stoffe (des Regenabflusses) und abfiltrierbarer Stoffe (AFS) zur biologischen Stufe der Kläranlage (Tabelle 1). Ist an die Mischkanalisation ein Teileinzugsgebiet mit Trennkanalisation angeschlossen, erhöhen sich die Werte aus Tabelle 1 um $5 \cdot \frac{EW_{\text{Trennkanalisation}}}{EW_{\text{Mischkanalisation}}}$ (%), aber maximal auf 65% für gelöste Stoffe und auf 80% für AFS. Die Klassifizierung der Verletzung des Mindestwirkungsgrades basiert auf dem relativen Verhältnis von berechneter zu vorgegebener Werte (Tabelle 2).

Tabelle 1: Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung (%) zur biologischen Stufe der Kläranlage

	Bemessungsgrösse der Kläranlage (EW)		
	≤10 000	10 001-100 000	>100 000
Regenabfluss (gelöste Stoffe)	50	55	60
Abfiltrierbare Stoffe	65	70	75

Als Emissionskriterien für einzelne Bauwerke werden vorgeschriebene Verdünnungsgrade nachgewiesen und klassifiziert als erfüllt / nicht erfüllt.

ISOK wird auch Daten zur Eintrag der grundlegenden Schadstoffe (CSB, BSB₅, N_{ges}, P_{ges}, AFS) für die einzelnen Punktquellen (Mischwasserüberläufe, Regenwasserkanalisation und Kläranlagen) enthalten.

Immissionskriterien richten sich nach der Abgrenzung kritischer Fälle der hydraulischen Belastung und der akuten Wirkungen der stofflichen Belastung in Fliessgewässern.

Hydraulische Belastung: Die Einleitung der Mischwasserentlastungen und des Regenabflusses aus Trennsystem in den natürlichen einjährigen Hochwasserabfluss des Gewässers Q_1 sollte nicht zu einem grösseren einjährigen Abfluss als 1.1 bis 1.5 Q_1 (oder maximal Q_2 falls $Q_2 > 1,5Q_1$) führen (Q_{1zul}) (die Abstufung hängt von der Gewässermorphologie und dem Wiederbesiedlungspotenzial ab).

Der Nachweis der akuten Ammoniaktoxizität wird nur für Fischgewässer (Verordnung Nr. 71/2003) geführt. In Salmonidengewässern dürfen nach der Einleitung der Mischwasserentlastungen in Q_{347} die NH₃-N Konzentrationen 0,1 mg/l für die Dauer länger als 1 Stunde und Überschreitungshäufigkeit 1/Jahr nicht überschreiten; in Cyprinidengewässern ist die Grenze 0,2 mg/l. Zuerst wird die Überschreitung der NH₄-N Konzentrationen 1,5 mg/l, resp. 3 mg/l (d.h. Konzentrationen NH₃-N 0,1 mg/l, resp. 0,2 mg/l bei pH=8,25 und T=20°C; Emerson et al., 1975) beurteilt. Wenn diese Werte nicht eingehalten werden, wird eine genauere Berechnung von NH₃-N für lokale pH-Werte, bzw. Gewässertemperatur und Klassifizierung des Beeinträchtigungsgrades durchgeführt (Tabelle 2).

Der Sauerstoffgehalt in der fliessenden Welle infolge von Mischwasserentlastungen sollte nicht einen Grenzwert von 5 mg/l unterschreiten. Es werden O₂-Messungen im Wasser und Beobachtungen der Anzeichen der anaeroben Zustände in oberflächennahen Sedimentschichten durchgeführt.

Zur Abgrenzung kritischer Fälle der Belastung durch abfiltrierbare Stoffe dient das Verhältnis zwischen dem Einwohnerwert (EW) des zugehörigen Einzugsgebiets und Q_{347} im Gewässer. Beeinträchtigung ist wahrscheinlich wenn $EW/Q_{347} > 25$ EW/(l/s), bzw. $EW/Q_{347} > 15$ EW/(l/s) für Kanäle mit Ablagerungen.

Die Klassifizierung der Gewässerbeeinträchtigung basiert auf der Überschreitung des Basisgrenzwertes und weiterer definierten Grenzwerte (Tabelle 2). Das Auftreten von Sauerstoff-Defizit wird nur als Nein / Ja Aussage erfasst.

Tabelle 2: Klassifizierung der Verletzung der Emissions- und Immissionskriterien

Verletzung / Beeinträchtigung	Wirkungsgrad Weiterleitung	Hydraulische Belastung	Ammoniaktoxizität		Abfiltrierbare Stoffe	
			Salmoniden- gewässer	Cypriniden- gewässer	ohne Sediment	mit Sediment
	berechnet / vorgegeben	Q/Q _{zul}	NH ₃ -N (1 Stunde, 1x/ Jahr) (mg/l)		EW/Q ₃₄₇ (-l s ⁻¹)	
keine (blau)	≥ 1	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 0.2	≤ 25	≤ 15
niedrige (grün)	< 0.9;1.0)	(1.0;1.2)	(0.1;0.15)	(0.2;0.25)	(25;50)	(15;30)
mittlere (orange)	< 0.7;0.9)	(1.2;1.8)	(0.15;0.2)	(0.25;0.4)	(50;250)	(30;150)
hohe (rot)	< 0.7	> 1.8	> 0.2	> 0.4	> 250	> 150
kein Überfall (hell grau)						
nicht relevant (dunkel grau)						
genauer beurteilen (violett)						

2.2 Ökologische Beurteilung

Die Ökologische Beurteilung von Auswirkungen der Abwassereinleitungen bei Regenwetter umfasst die Bewertung der Ökomorphologie der Gewässer im urbanen Bereich und die biologische Bewertung des Gewässerzustandes anhand benthischen Invertebraten.

Die Bewertung der Ökomorphologie der Fließgewässerabschnitte wird gemäss BUWAL (1998) durchgeführt und klassifiziert (Tabelle 3).

An biologischen Probenahmestellen wird der ökologische Zustand nach Opatrilova et al. (2011) bestimmt und nach der Richtlinie 2000/60/EG eingestuft (Tabelle 3). Es wird auch die Struktur der benthischen wirbellosen Fauna ausgewertet, einschließlich Taxazahl und Abundanz, Anzahl empfindlicher Taxone, funktionale Artenzusammensetzung (% Vertretung der Habitat-, Ernährungstyp- und Strömungs-Präferenzen), Saprobienindex und spezifische Arten. Anhand von ihren Veränderung können näher die Ursachen der Beeinträchtigung und deren Ausmass identifiziert werden (hydraulische, chemische oder Feststoffbelastung, gestörte Gewässermorphologie) (BWK-Materialien 1, 2003). Es werden auch Informationen über Charakter und Variabilität des Sohlensubstrats und der Strömung gespeichert.

Tabelle 3: Klassifizierung des ökomorphologischen und ökologischen Zustandes der Fließgewässer

Ökomorphologischer Zustand		Ökologischer Zustand	
I. natürlich / naturnah	(blau)	I. sehr gut	(blau)
II. wenig beeinträchtigt	(grün)	II. gut	(grün)
III. stark beeinträchtigt	(gelb)	III. mäßig	(gelb)
IV. naturfremd / künstlich	(rot)	IV. unbefriedigend	(orange)
		V. schlecht	(rot)

2.3 Entwicklung des Informationssystems

Die Lösung basiert auf der Architektur fatter Dienstnutzer – Server („fat client – server“). Die Basis vom Dienstnutzer macht die Plattform MIKE CUSTOMIZED by DHI, für die Ergänzungen für das Informationssystem nach Mass gemacht wurden und in Microsoft C# implementiert wurden. An der Server Seite steht Postgre Server mit PostGIS Extension für räumliche Daten.

Die Software wurde inkrementalweise entwickelt. Nach der Spezifikation der funktionalen Anforderungen wurde das Datenmodell entworfen, die erforderte Funktionalität wurde implementiert, getestet und zur Verifikation vorgelegt. Dieses Verfahren wurde mehrmals wiederholt und Teile der

Funktionalität wurden angepasst. Das Informationssystem wurde anhand einer Pilot-Studie der Stadt Pribram (34 000 EW) getestet und die Outputs wurden mit unabhängigem Verfahren verifiziert.

Die Systemarchitektur besteht aus drei Schichten:

1. Datenschicht: das System integriert Daten aus verschiedener Quellen und verschiedener Herkunft:

- Untergrundschrift von Google Karten,
- Importierte Shape Dateien in die Datenbank (feine Flussabschnitte (HEIS CR), Katastralgebiete der Gemeinden (ISVS), ARAs, ...),
- Vom Benutzer eingegebene räumliche und Attributdaten (Emissionsquellen der Kanalisation, Einleitungen, ökomorphologische Zustandsklassen, biologische Profile),
- Reine Attributdaten (Konfiguration der Berechnungen, Emissions- und Immissionskriterien, Eigentümer, Betreiber).

Ausser Google Karten werden die Daten in der Datenbank gespeichert (Abbildung 1).

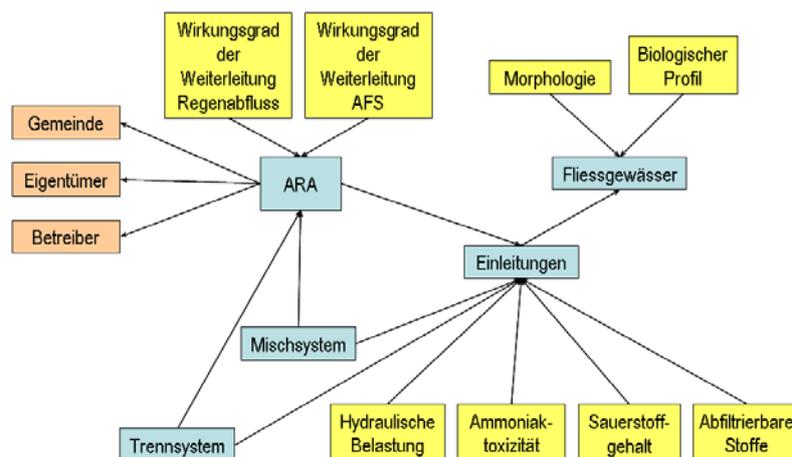


Abbildung 1: Organisation der Datenspeicherung in der Datenbank (blau: Systembasis, rot: ergänzende Daten, gelb: graphisch präsentierte Resultate).

2. Präsentationsschicht: Zur Präsentation dient die Benutzerschnittstelle von MIKE CUSTOMIZED, die um neue Werkzeuge platzierte in bestehende Toolboxes ergänzt wurde (Ikonen in Kartentoolbox, Werkzeuge für die Dateneingabe, Export und Import, Auswertung und Abfragen). Die Hauptkomponenten für die Datenpräsentation sind:

- GIS Kartenfenster mit vordefinierter Konfiguration der Schichten,
- Spreadsheet Editor (vollwertiges Excel) für die Arbeit mit Eingabe- und Ausgabedaten in Tabellen.

3. Applikationsschicht: Business-Logik ist in Form von spezialisierten Werkzeugen für bestimmte Aufgaben (z.B. die Auswertung, Export, Import), die für ausgewählte Datenbank-Tabellen definiert werden. Diese Werkzeuge arbeiten eng zusammen mit anderen integrierten Modulen (z.B. ThinkGeo GIS Komponente und SpreadsheetGear 2012).

3 RESULTATE

Die Auswertung des Pilot-Einzugsgebietes und die Visualisierung des Beeinträchtigungsgrades des Vorfluters werden in Abbildung 2 gezeigt.

Das Informationssystem kann räumliche Abfragen ausführen, die es ermöglichen für ausgewählte Gewässer, Gemeinden, Kanalnetzeigentümer oder –betreiber z.B. Mischwasserüberläufe die eine bestimmte Art von Belastung ab einem gewissen Beeinträchtigungsgrad verursachen zu identifizieren

oder die Punktquellen mit dem Eintrag bestimmtes Schadstoffes ab einer gewissen Jahresmenge zu finden.

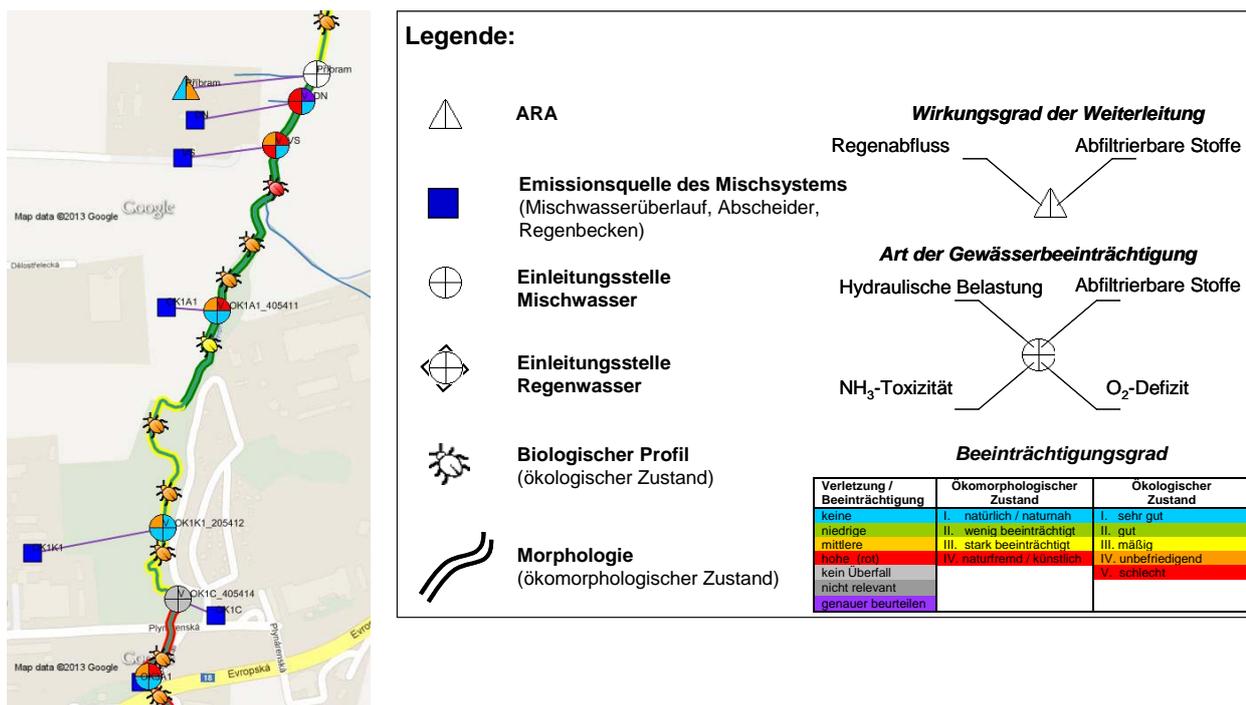


Abbildung 2: Ausschnitt aus der Auswertung des Pilot-Einzugsgebietes (Klassifizierung gemäss Tabellen 2 und 3)

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das Informationssystem wird die existierenden Wasserwirtschaft-Informationssysteme in Tschechien ergänzen. Es wird als Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung für die Regenwasserbewirtschaftung und Priorisierung von Gewässerschutzmaßnahmen auf verschiedenen räumlichen Ebenen (lokal, regional) dienen. Auf der lokalen Ebene ist es vor allem für die GEP-Bearbeiter als Werkzeug für systematische und übersichtliche Auswertung der Auswirkungen der Abwassereinleitungen bei Regenwetter bestimmt. Es wird gleichzeitig auch Manageransichten und Identifikation von problematischen Stellen ermöglichen, was zur Erhöhung der Effektivität und sinnvoller Orientierung der Gewässerschutzmaßnahmen bei der regionalen Planung führen sollte. Das Informationssystem ist nicht nur für die Tschechische Republik bestimmt, sondern es könnte auch ins Ausland leicht übertragbar sein. Seine Funktionalität wird noch weiter entwickelt (z.B. automatisierte Auswertung von Immissionskriterien anhand von Datenreihen).

5 DANKSAGUNG

Das Projekt wurde von der Technologischen Agentur der Tschechischen Republik unterstützt (Nr. TA02020238).

6 REFERENZEN

BUWAL (1998). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F, Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27. Bern.

BWK-Materialien 1 (2003): Begleitband zu dem BWK-Merkblatt 3.

Kabelkova, I., Havlik, V., Kuba, P. und Sykora, P. (2010): Leitfaden zur Beurteilung von Mischwasserentlastungen (auf Tschechisch), ČVTVHS.

Kabelkova, I. und Stastna, G. (2011): Massnahmenprioritäten bei der Gewässerbelastung durch Mischwasserentlastungen (auf Tschechisch), Konferenzunterlagen Mestske vody, S. 183-190.

Emerson, K.R., R.C. Russo, R.E. Lund, and R.V. Thurston (1975): Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. Journal of Fisheries Research Board of Canada 32, pp.2379-2383.

Opatrilova L., Kokes J., Syrovatka, V., Nemejcova D. und Zahradkova S. (2011): Fliessgewässerbeurteilung in der Tschechischen Republik anhand von benthischen Invertebraten (auf Tschechisch), VTEI 53, pp.6-9.

ÖWAV-Regelblatt 19 (2007): Richtlinien für die Bemessung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen.
Verordnung der Regierung Nr. 71/2003 Coll., Die Bestimmung von Oberflächengewässern für Leben und die Fortpflanzung einheimischer Arten von Fischen und anderen aquatischen Tieren (auf Tschechisch)