

## MODELING FOR USE OF WATER IN AGRICULTURE / MODELLAZIONE PER L'USO DELLE ACQUE IN AGRICOLTURA

Prof. Eng. Trulli E.<sup>1)</sup>, Prof. Eng. Ph.D. Torretta V.<sup>2)</sup>, Dr. Eng. Ph.D. Rada E.C.<sup>3)</sup>,  
Lect. Eng. Ph.D. Istrate I.A.<sup>4)</sup>, Prof. Eng. Papa E.A.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>University of Basilicata, Potenza / Italy; <sup>2)</sup>University of Insubria/ Italy, <sup>3)</sup>University of Trento/Italy,

<sup>4)</sup>University POLITEHNICA Bucharest/Romania

Tel: +39-0971205153; E-mail: ettore.trulli@unibas.it

**Abstract:** The present paper examines and evaluates the results of a survey carried out to define the criteria for restoring the surface water of the karstic stream "Gravina" (Southern-Italy). The stream runs through a watershed including several agricultural areas. The stream shows an environmental heterogeneity which is of great value to the conservation of biodiversity. The analysis supports a more general water pollution control strategy aimed at safeguarding natural water quality in the urbanized watershed with the aim, also, to reuse partially the water in agriculture. The methodology was based on the surface water sampling, quality parameter analysis and simulation by modelling. The variation and compatibility of wastewater discharge and water stream quality were verified by using a model available in literature in function of biodegradable pollutant load and dissolved oxygen. Several scenarios based on the fixed yield of treatment plants were examined.

**Keywords:** modelling, water quality, wastewater treatment, planning, agriculture

### INTRODUCTION

The issues related to the quality of surface water bodies and the strategies to adopt for limiting the impact from the discharge of the effluents of urban, agricultural and industrial origin are extremely interesting and topical, not only because of an increasing environmental sensitivity but also and mainly in order to meet the legal requirements, both on the Community and on the national scale [6]. In this respect, several studies analysed the anthropic influences on the quality of surface waters crossing urbanized basins and the analysis of the main pressure components suited to the study of the quality of the waters themselves and consequently, the whole environment [5]. Among the several pressure sources, the impacts due to the input of civil and industrial wastewaters are particularly important to the flow of the receiving body and its diluting capacity. In order to protect the quality of surface water it is crucial to prevent and reduce pollution and implement the restoration of water bodies by controlling all the anthropic factors, among which the correct management and functioning of wastewater treatment plants is very important. In a methodological approach of applied research, the development of monitoring networks as well as modelling constitute fundamental tools to analyse and assessing actions for the protection of water [1,4].

The present study examines the results of a survey aimed at examining the basic elements of an action to safeguard the quality of the stream "Gravina", in the urban area of the town of Matera. The stream network is located inside an important natural area, important under the touristic and agriculture point of view.

### MATERIAL AND METHOD

#### The study area

The watershed of the stream "Gravina" in the urbanized area of Matera is the object of the present

**Sommario:** Il presente lavoro esamina e valuta i risultati di un'indagine effettuata per definire i criteri per ripristinare l'acqua superficiale del torrente carsico "Gravina" (Sud-Italia). Il ruscello scorre attraverso uno spartiacque tra cui diverse aree agricole. Il flusso mostra una eterogeneità ambientale che è di grande valore per la conservazione della biodiversità.

L'analisi supporta una strategia di controllo dell'inquinamento delle acque più generale volta a salvaguardare la qualità dell'acqua naturale spartiacque urbanizzata, con l'obiettivo, inoltre, di riutilizzare parzialmente l'acqua in agricoltura. La metodologia si è basata sul campionamento superficie dell'acqua, l'analisi dei parametri di qualità e di simulazione modellistica.

La variazione e la compatibilità delle acque reflue sono state verificate utilizzando un modello disponibile in letteratura in funzione del carico inquinante biodegradabile e ossigeno disciolto. Diversi scenari basati sul rendimento fisso di impianti di trattamento sono stati esaminati.

**Parole chiave:** modellazione, qualità delle acque, trattamento delle acque reflue, pianificazione, agricoltura

### INTRODUZIONE

Le questioni relative alla qualità dei corpi idrici superficiali e le strategie da adottare per limitare l'impatto degli effluenti di origine urbana, agricola e industriale, sono estremamente interessanti e di attualità, non solo a causa di una crescente sensibilità ambientale, ma anche e soprattutto al fine di soddisfare i requisiti di legge, sia a livello comunitario che nazionale [6]. A questo proposito, diversi studi hanno analizzato le influenze antropiche sulla qualità delle acque superficiali che attraversano bacini urbanizzati e l'analisi dei componenti principali di pressione adatte per lo studio della qualità delle acque stesse [5]. Tra le varie fonti di pressione, gli impatti dovuti alla immissione dei reflui civili ed industriali sono particolarmente importanti per il flusso del ricevente e la sua capacità di diluizione. Al fine di tutelare la qualità delle acque superficiali è fondamentale per prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il ripristino dei corpi idrici controllando tutti i fattori antropici, tra cui risultano fondamentali la corretta gestione e il funzionamento degli impianti di trattamento delle acque reflue.

In un approccio metodologico di ricerca applicata, lo sviluppo di reti di monitoraggio e modellazione costituiscono strumenti fondamentali per l'analisi e valutazione delle azioni per la tutela delle acque [1,4]. Il presente studio esamina i risultati di un monitoraggio volto a esaminare le azioni da intraprendere per salvaguardare la qualità del torrente "Gravina", nell'area urbana della città di Matera. La rete di flusso si trova all'interno di una importante area naturale, importante dal punto di vista turistico e dell'agricoltura.

### MATERIALI E METODI

#### L'area di studio

Lo spartiacque del torrente "Gravina" nell'area urbanizzata di Matera è l'oggetto della presente indagine;

survey; it is schematically represented in Figure 1.

The stream "Gravina" develops in the north-east area of the main watershed of the river Bradano, and crosses the border area between Apulia and Basilicata. The area of study is mainly located in the territories of the town of Matera in Basilicata and the towns of Altamura and Santeramo in Apulia. All along the urbanized part of the stream, its river-bed is extremely narrow and deep.

Downstream from the town of Matera, the hydraulic section is greatly variable; in dry periods, hydraulic heights vary between 0.1 and 1.5 metres, with flows between 0.1 and 0.6 m<sup>3</sup>/sec.

The stream "Jesce", fed by the waters of the Murgia, flows into this area; it is the main tributary of the stream "Gravina". The catchment basin above the town of Matera is mainly made up of clay materials, which favour the surface flow of waters that, successively, collect in the ravines of the "Gravina". The watershed surface can be assessed here in about 490 km<sup>2</sup> with a length of the main line of 27 kilometres. The river-bed sections of the streams are adjusted and standardized with reinforced concrete slabs to form a typical trapezoidal section.

The surface water bodies object of present study, which cross a semi-dry climate area, show a stream-like regime, characterised by sudden floods due to short and intense rainfalls. In the long dry periods, the flow is mainly made up of the point sources produced in the urban and industrial areas. The drainages of urban wastewaters originate in the treatment plants serving the town of Matera, which dump the treated effluents directly into the river-bed of the stream "Gravina", and the urban plant serving the town of Altamura, which dumps into the stream "Jesce".

Overall, a population of around 150,000 inhabitants is served. Only some of the commercial and industrial areas operating in the area are served by treatment plants.

### Survey

The main activities of the survey are summarized as follows.

- field measurements
- surface water quality analyses

Water quality was determined on several samples collected at 20 stations located along the rivers. The survey was carried out in a period of about 150 days. The main physical and chemical parameters were: temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, suspended solids, COD, total nitrogen, ammonia, nitrates, and orthophosphate.

### Hydraulic flow measurement

The hydraulic flow was defined by using the data available at the territory's management bodies and the data collected on the streams examined through a turbine flow-meter. The hydraulic flow was directly measured at two different times, at two sections located downstream of the main municipal wastewater treatment plant operating in the towns of Matera and Altamura. In figure 1 the study area: the watershed of the stream "Gravina" in the town of Matera is presented.

### QUAL2K software-based modelling

The main aim of modelling was the representation of the current conditions of water quality observed during the measurement period. The simulation was useful in assessing the state of qualitative parameters for a stretch of the river-bed of the stream "Gravina", not easily accessible, for which it was not possible to acquire measurements.

è schematicamente rappresentato in figura 1. Il torrente "Gravina" si sviluppa nella zona nord-est dello spartiacque principale del fiume Bradano, e attraversa la zona di confine tra Puglia e Basilicata. L'area di studio si trova principalmente nei territori del comune di Matera, in Basilicata e le città di Altamura e Santeramo in Puglia. Lungo tutta la parte urbanizzata del torrente, il suo letto fluviale risulta estremamente stretto e profondo. A valle della città di Matera, la sezione idraulica è molto variabile; in periodi di siccità, le altezze idrauliche variano tra 0,1 e 1,5 metri, con flussi tra 0,1 e 0,6 m<sup>3</sup>/s. Il torrente "Jesce", alimentato dalle acque della Murgia, sfocia in questo tratto; è il principale affluente del torrente "Gravina". Il bacino idrografico a monte della città di Matera è costituito principalmente da materiali argillosi, che favoriscono il flusso superficie delle acque che, successivamente, raccolgono negli anfratti della "Gravina". La superficie spartiacque può essere valutata in circa 490 km<sup>2</sup> con una lunghezza dell'asta principale di 27 chilometri. Le sezioni dell'alveo dei torrenti sono adeguati e standardizzati con lastre di cemento armato per formare una tipica sezione trapezoidale.

I corpi idrici oggetto del presente studio, che attraversano una zona di clima semi-secco, mostrano un regime di flusso simile, caratterizzato da improvvise inondazioni dovute a piogge brevi e intense.

Nei lunghi periodi di siccità, il flusso è principalmente costituito dalle sorgenti puntiformi prodotte nelle aree urbane e industriali. Gli scarichi di acque reflue urbane sono originari di impianti di trattamento che servono la città di Matera, che iscarica effluenti trattati direttamente nel letto del torrente "Gravina", e l'impianto urbano che serve la città di Altamura, che scarica nel torrente "Jesce".

Nel complesso gli impianti di trattamento in questione sono al servizio di una popolazione di circa 150.000 abitanti. Solo alcune delle aree commerciali e industriali che operano nell'area sono serviti da specifici impianti di trattamento.

### Il monitoraggio

Le principali attività di monitoraggio ambientale che sono state svolte nell'ambito del presente lavoro sono:

- misure di campo
- analisi della qualità delle acque superficiali

La qualità dell'acqua è stata determinata su diversi campioni prelevati in 20 stazioni situate lungo i fiumi. L'indagine è stata effettuata in un periodo di circa 150 giorni. I principali parametri fisici e chimici sono stati: temperatura, pH, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto, solidi sospesi, COD, azoto totale, ammoniaca, nitrati, e ortofosfato.

### Flusso idraulico

Il flusso idraulico è stato definito utilizzando i dati disponibili presso gli organi di gestione del territorio e raccogliendo i dati raccolti sui flussi esaminati attraverso una turbina flussometro. Il flusso idraulico è stato direttamente misurato in due momenti diversi, in due sezioni che si trovano a valle del principale impianto di trattamento delle acque reflue municipali che operano nei comuni di Matera e Altamura. Nella figura 1 è presentata l'area di studio: lo spartiacque del torrente "Gravina", nel comune di Matera.

### Modellazione basata su software QUAL2K

L'obiettivo principale della modellazione era la rappresentazione delle attuali condizioni di qualità dell'acqua osservati durante il periodo di misurazione. La simulazione è stata utile per valutare lo stato di parametri qualitativi per un tratto di alveo del torrente "Gravina", non facilmente accessibili, per i quali non è stato possibile effettuare misurazioni.

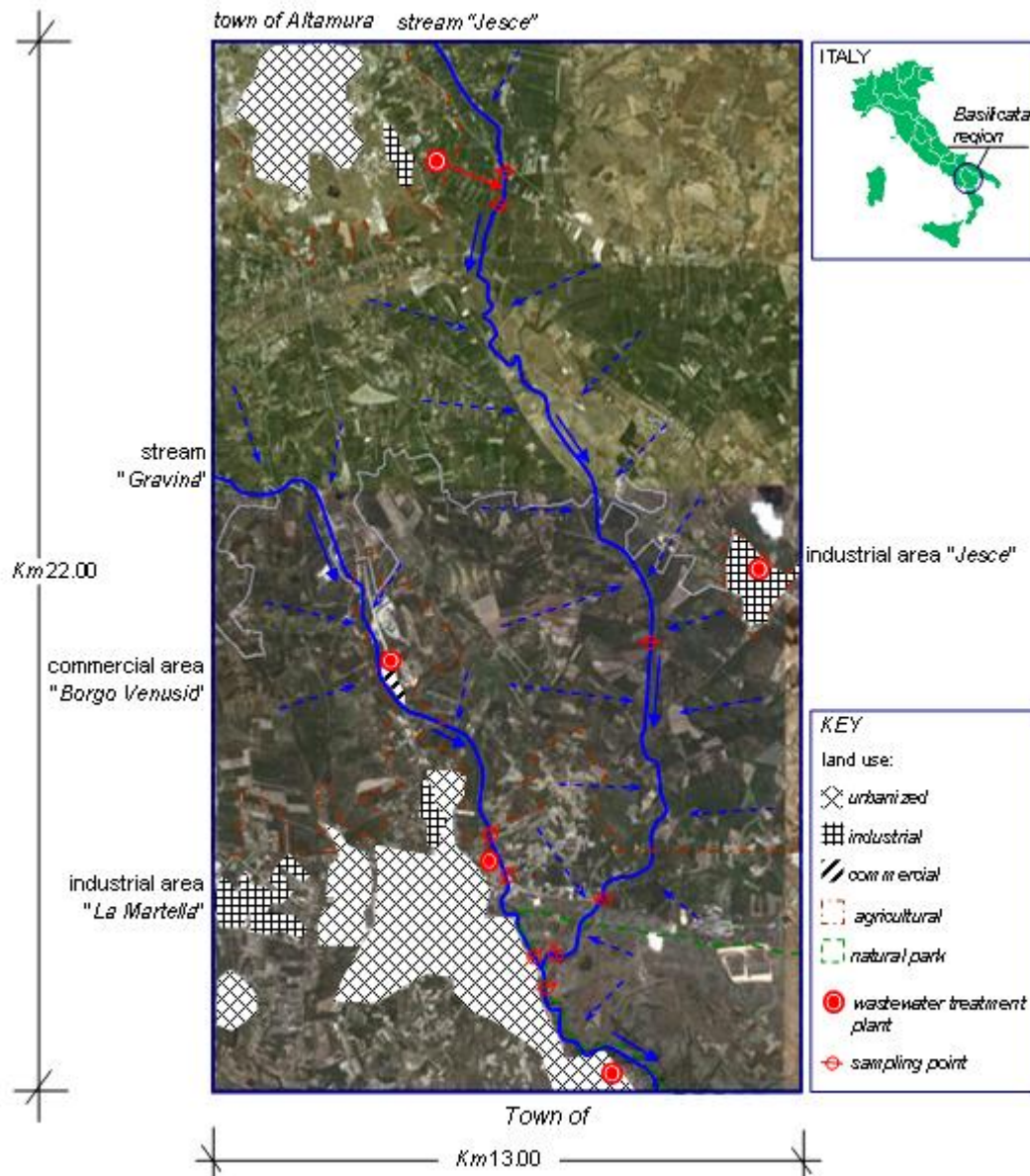


Fig. 1 - The study area: the watershed of the stream "Gravina" in the town of Matera.

Simulations were carried out for the following parameters: temperature, dissolved oxygen, biodegradable organic matter (as COD), ammonia and nitrate nitrogen. In order to carry out the modelling, the QUAL2K software, version 2.07, was used [2].

#### Representation of the hydraulic scheme

The hydraulic system taken into account is made up of the stream "Gravina" and its tributary, the stream "Jesce", for a river-bed length of about 3 km and 22 km respectively. The modelling representation involved the splitting up of the two river branches into 75 reaches, which represent stretches of river that have constant hydraulic characteristics (e.g., slope, bottom width, etc.). The hydraulic sections were considered with regular trapezoidal shapes.

The model calibration was carried out on the basis of the data related to the geometry of the river, the headwater characteristics, the discharges and with reference to the measures collected in the campaign phases.

Table 1 reports the values adopted for the main coefficients ruling the chemical variables of the model. In

Le simulazioni sono state effettuate per i seguenti parametri: temperatura, ossigeno disciolto, materia organica biodegradabile (come COD), ammoniaca e azoto nitrico. Al fine di effettuare la modellazione, il software QUAL2K, versione 2.07, è stato utilizzato [2].

#### Rappresentazione del sistema idraulico

Il sistema idraulico preso in considerazione è costituito dal torrente "Gravina" e il suo affluente, il flusso "Jesce", per una lunghezza dell'alveo rispettivamente di circa 3 km e 22 km. La rappresentazione modellistica ha comportato il frazionamento dei due rami del fiume in 75 tratti, che rappresentano porzioni di fiume che hanno caratteristiche idrauliche costanti (ad esempio, pendenza, larghezza fondo, ecc). Le sezioni idrauliche sono state considerate con forme trapezoidali regolari.

La calibrazione del modello è stata effettuata sulla base dei dati relativi alla geometria del fiume, le caratteristiche dei punti sorgente, degli scarichi e con riferimento alle misure raccolte nelle fasi campagna.

La tabella 1 riporta i valori adottati per le principali coefficienti che regolano le variabili chimiche del modello. Per calcolare il processo di ri-aerazione, è stato utilizzato il

order to calculate the re-aeration process, the O'Connor-Dobbins model was used [6]. Assumed the morphology of stream, which is constituted by concrete trapezoidal channel with low water height and natural small hydraulic section with high water velocity, application of model does not take in account an increase of biological activity promoted by algal growth.

modello O'Connor-Dobbins [6]. Assunta la morfologia del torrente, che è costituito dal canale trapezoidale in calcestruzzo con altezza ridotta di acqua e modesta sezione idraulica naturale con alta velocità di acqua, l'applicazione del modello non ha tenuto in conto dell'aumento di attività biologica promossa dalla crescita delle alghe.

Applied values of the kinetic parameters of the model

Parameters	unit	Value
Slow CBOD hydrolysis rate	$d^{-1}$	0.4
Fast CBOD oxidation rate	$d^{-1}$	3.2
Organic nitrogen hydrolysis rate	$d^{-1}$	0.2
Nitrification rate for ammonia nitrogen	$d^{-1}$	1.2

Table 1

### Stream water quality

The stream "Gravina" downstream of the urban discharge of the town of Matera

Downstream of the treatment plant serving the town of Matera, the concentrations of the pollutant parameters usually show substantial increases with respect to the concentrations measured in the samples upstream from the same discharge.

Values vary from 16,7÷20,7 to 51,5÷73,6 mgO<sub>2</sub>/l for the COD, from 0,50÷0,52 to 14,5÷30,8 mgN/l, for ammonia nitrogen. Electrical conductivity shows a sensible reduction, with values included between 733 and 967 µs/cm.

The processes of dilution and concentration of pollutants are strongly affected by the amount of hydraulic flows of the treatment plant discharges, which, in the measurement period, constitute most of the water outflow along the river-bed.

Further downstream, we observed a restoration of qualitative conditions, the concentrations of pollutants tend to decrease, clearly because of diffusion and re-aeration processes.

Immediately downstream of the discharge, we observed a nearly instantaneous decrease in the concentration of dissolved oxygen ascribable to the mixing of waters with greater flows characterised by lower concentration values. Immediately upstream of the confluence with the stream "Jesce", the concentration of the dissolved oxygen further tends towards a decrease, evidently because of the process of degradation of the biodegradable organic matter present in the secondary effluents, both in particulate and in dissolved forms. The average rates of oxygen consumption are about 0.02 mg/l\*m.

The COD rises downstream of the discharge from the treatment plant and then decreases.

The concomitant reduction of ammonia concentrations with the increase of nitrate nitrogen highlights the development of nitrification processes.

#### The stream "Jesce"

Downstream of the discharge of the treatment plant serving the town of Altamura, the waters show a worse quality. The COD values reach 95,6 mgO<sub>2</sub>/l, ammonia nitrogen stabilizes at 57,7 mgN/l. Electrical conductivity shows values between 1123÷1182 µs/cm.

Dissolved oxygen shows a remarkable decrease downstream of the plant serving the town of Altamura; low levels of dissolved oxygen are also recorded downstream of the industrial area of "Jesce", with concentrations next to 1÷2 mg/l. The average rates of oxygen consumption are between 0.01÷0.02 mgO<sub>2</sub>/l\*m.

We noticed a re-oxygenation of the waters further downstream and near the confluence with the stream "Gravina"; this was due to the adjustment of the large-

### Qualità dell'acqua

Il torrente "Gravina" a valle dello scarico urbano della città di Matera

A valle del depuratore che serve la città di Matera, le concentrazioni dei parametri inquinanti mostrano solitamente aumenti sostanziali rispetto alle concentrazioni misurate nei campioni a monte dello stesso scarico.

I valori variano da 16,7÷20,7 a 51,5÷73,6 mgO<sub>2</sub>/l per il COD, da 0,50÷0,52 a 14,5÷30,8 mgN/l, per l'azoto ammoniacale. La conducibilità elettrica mostra una sensibile riduzione, con valori compresi tra 733 e 967 ms/cm.

I processi di diluizione e la concentrazione degli inquinanti sono fortemente influenzati dalla quantità di flussi idraulici degli scarichi dell'impianto di trattamento, che, nel periodo di misurazione, costituiscono la maggior parte del deflusso dell'acqua lungo il letto del fiume.

Più a valle, abbiamo osservato un ripristino delle condizioni qualitative, le concentrazioni di inquinanti tendono a diminuire, chiaramente a causa di processi di diffusione e rieraerazione.

Immediatamente a valle dello scarico, abbiamo osservato una riduzione quasi istantanea della concentrazione di ossigeno disciolto ascrivibile alla miscelazione di acque con maggiori flussi caratterizzati da valori di concentrazione inferiori.

Immediatamente a monte della confluenza con il torrente "Jesce", la concentrazione dell'ossigeno disciolto tende verso una ulteriore diminuzione, evidentemente a causa del processo di degradazione della sostanza organica biodegradabile presente negli effluenti secondari, sia nel particolato e in forme disciolte. I tassi medi di consumo di ossigeno sono circa 0,02 mg/l\*m.

Il COD si rivela a valle dello scarico del depuratore e poi diminuisce.

La concomitante riduzione delle concentrazioni di ammoniaca con l'aumento di azoto nitrico evidenzia lo sviluppo di processi di nitrificazione.

#### Il torrente "Jesce"

A valle dello scarico dell'impianto di depurazione che serve la città di Altamura, le acque mostrano una qualità peggiore. I valori di COD raggiungono 95,6 mgO<sub>2</sub>/l, l'azoto ammoniacale si stabilizza attorno a 57,7mgN/l. La conducibilità elettrica mostra valori compresi tra 1123÷1182 ms/cm.

L'ossigeno disciolto mostra una notevole diminuzione a valle dell'impianto che serve la città di Altamura; bassi livelli di ossigeno disciolto vengono registrati anche a valle della zona industriale di "Jesce", con concentrazioni prossime a 1÷2 mg/l. I tassi medi di consumo di ossigeno sono compresi tra 0,01÷0,02 mgO<sub>2</sub>/l\*m.

Abbiamo notato una riossigenazione delle acque più a valle e in prossimità della confluenza con il torrente "Gravina".

Questa situazione era dovuta alla regolarizzazione

section river-bed and of the hydraulic falls realised through water withdrawals works. The average rates of oxygenation are between  $0.001 \div 0.003 \text{ mgO}_2/\text{l}^*\text{m}$ .

In other sections downstream, the COD stays almost constant, except for a reduction in the stretches of river-bed where hydraulic falls are present.

Downstream of the treatment plant, ammonia nitrogen remains substantially constant, as well as the values of nitrate nitrogen; in the following stretches we observed a slight reduction in ammonia and an increase in nitrate nitrogen.

Electrical conductivity, in the central and final fluvial branches, remains steady with values between 1152 and  $1156 \mu\text{s}/\text{cm}$ .

The stream "Gravina" downstream of the confluence with the stream "Jesce"

Downstream of the confluence with the stream "Jesce", we found remarkable increases in the values of pollutant parameters: COD concentrations vary from  $25.8 \div 29.9$  to  $43.8 \div 47.4 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , those of ammonia nitrogen from  $13.4 \div 13.5$  to  $26.7 \div 38.5 \text{ mgN}/\text{l}$ . Electrical conductivity increased weakly.

As far as dissolved oxygen is concerned, we observed an effect of re-oxygenation, favoured by the mixing with the waters of the stream "Jesce", characterised by a higher concentration of dissolved oxygen since, before the confluence, they cross natural falls. The consumption rates of oxygen are included the stretches where it is required, between  $0.02 \div 0.12 \text{ mg}/\text{l}^*\text{m}$  and for the stretches where there is re-oxygenation between  $0.001 \div 0.006 \text{ mg}/\text{l}^*\text{m}$ .

## RESULTS

The diagrams in Figure 2 represent the results. The diagram related to the flow reports the values assumed as the basis of the calculation: two increases are evident, one in correspondence with the discharge of the treatment plant serving the town of Matera, the other in correspondence with the confluence of the stream "Jesce".

Both the effects of the inflow of the wastewater treatment plant serving the town of Matera and the inflow of the stream "Jesce" are clear.

More specifically, the waters of the stream "Gravina", downstream from the discharge of the plant of Matera, show decreases in the values of dissolved oxygen and increases in the concentrations of COD and ammonia nitrogen. Oxygen is consumed by the processes of self purification of the water body.

After the confluence of the stream "Jesce", the analysis on the stream "Gravina" makes evidence an increases in the concentrations of oxygen, COD and ammonia.

Increase of oxygen is due to the aeration from the morphology of the confluence area, the increase in polluting parameters is caused by the bad quality of drainage waters in the stream "Jesce" from urban effluents which are not sufficiently treated and from wastewaters from illegal point sources.

In general, the simulated values of the analysed water quality parameters represent the observed data well. In particular, the simulated results satisfactorily represent the variations in biodegradable organic matter and dissolved oxygen. Nitrification processes are well traced when there are no sensible variations in ammonia concentration. Main problems of modelling

della sezione dell'alveo che risultava più larga e alla presenza di cascate idrauliche realizzate attraverso opere di derivazione e prelievo idrico. I tassi medi di ossigenazione sono tra  $0,001 \div 0,003 \text{ mgO}_2/\text{l}^*\text{m}$ .

In altre sezioni a valle, il COD rimane quasi costante, eccetto per una riduzione nei tratti di alveo in cui sono presenti alcuni salti idraulici.

A valle del depuratore, l'azoto ammoniacale rimane sostanzialmente costante, così come i valori di azoto nitrico; nei seguenti tratti abbiamo osservato una lieve riduzione di ammoniaca e un aumento dell'azoto nitrico.

La conducibilità elettrica, nei tratti fluviali centrale e finale, rimane stabile con valori compresi tra 1152 e  $1156 \text{ ms}/\text{cm}$ .

Il torrente "Gravina" a valle della confluenza con il torrente "Jesce"

A valle della confluenza con il torrente "Jesce", abbiamo riscontrato notevoli aumenti nei valori dei parametri inquinanti: le concentrazioni di COD variano dal  $25,8 \div 29,9$  a  $43,8 \div 47,4 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , quelli di azoto ammoniacale da  $13,4 \div 13,5$  fino a  $26,7 \div 38,5 \text{ mgN}/\text{l}$ . La conducibilità elettrica è aumentata debolmente.

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, per questo parametro abbiamo osservato un effetto di riossigenazione, favorito dalla miscelazione con le acque del torrente "Jesce", caratterizzata da una maggiore concentrazione di ossigeno disciolto in quanto, prima della confluenza, il torrente affluente è caratterizzato dalla presenza di alcune piccole cascate naturali. I tassi di consumo di ossigeno sono compresi i tratti in cui è richiesto, tra  $0,02 \div 0,12 \text{ mg}/\text{l}^*\text{m}$  e per i tratti in cui vi è la riossigenazione tra  $0,001 \div 0,006 \text{ mg}/\text{l}^*\text{m}$ .

## RISULTATI

I diagrammi di Figura 2 rappresentano i risultati. Il diagramma relativo al flusso riporta i valori assunti come base del calcolo: due aumenti sono evidenti, uno in corrispondenza dello scarico del depuratore che serve la città di Matera, l'altro in corrispondenza della confluenza del torrente "Jesce".

Entrambi gli effetti del flusso dell'impianto di trattamento delle acque di scarico che serve la città di Matera e l'afflusso del torrente "Jesce" sono molto evidenti.

Più in particolare, le acque del torrente "Gravina", a valle dello scarico dell'impianto di Matera, evidenziano una diminuzione nei valori di ossigeno e aumenti delle concentrazioni di COD e azoto ammoniacale disciolto. L'ossigeno viene consumato dai processi di auto purificazione del corpo idrico.

Dopo la confluenza del torrente "Jesce", l'analisi sul torrente "Gravina" rende testimonianza di un aumento delle concentrazioni di ossigeno, COD e ammoniaca.

L'aumento di ossigeno è dovuto alla aerazione legata alla morfologia della zona di confluenza; l'aumento dei parametri inquinanti è causato invece dalla cattiva qualità delle acque di scarico ricevuto dalle correnti del fiume "Jesce" e costituite da effluenti urbani non sufficientemente trattati e da reflui non trattati e, con tutta probabilità, illegali.

In generale, i valori simulati dei parametri di qualità dell'acqua analizzati rappresentano bene i dati osservati. In particolare, i risultati simulati rappresentano soddisfacentemente le variazioni di materia organica biodegradabile e ossigeno disciolto.

I processi di nitrificazione sono ben tracciate quando non ci sono sensibili variazioni nella concentrazione di ammoniaca. I principali problemi di processo di

process can be summarize as follows:

- applied values of oxidation rate do not allow to represent the more strong path of stabilization of organic matter; values higher than those described in literature (lower 3÷4) could be more suitable to represent the process of readily biodegradable compounds;
- use of higher values of nitrification rate does not permit a good interpretation of more intensive observed process, associated to an increase of nitrate; we observe that oxygen concentration presents observed value up to 60÷70 % of saturation.

modellazione possono riassumere come segue:

- i valori del tasso di ossidazione utilizzato nella simulazione non consentono di rappresentare il sensibile processo di stabilizzazione della sostanza organica; valori superiori a quelli descritti in letteratura (inferiori di 3÷4) potrebbero essere più adatti a rappresentare il processo di composti facilmente biodegradabili;
- l'uso di valori elevati del tasso di nitrificazione non consente una buona interpretazione del processo osservato nelle fasi in cui il processo è più accentuato, associato ad un aumento di nitrate; osserviamo valori osservati di concentrazione di ossigeno fino al 60 ÷ 70% di saturazione.

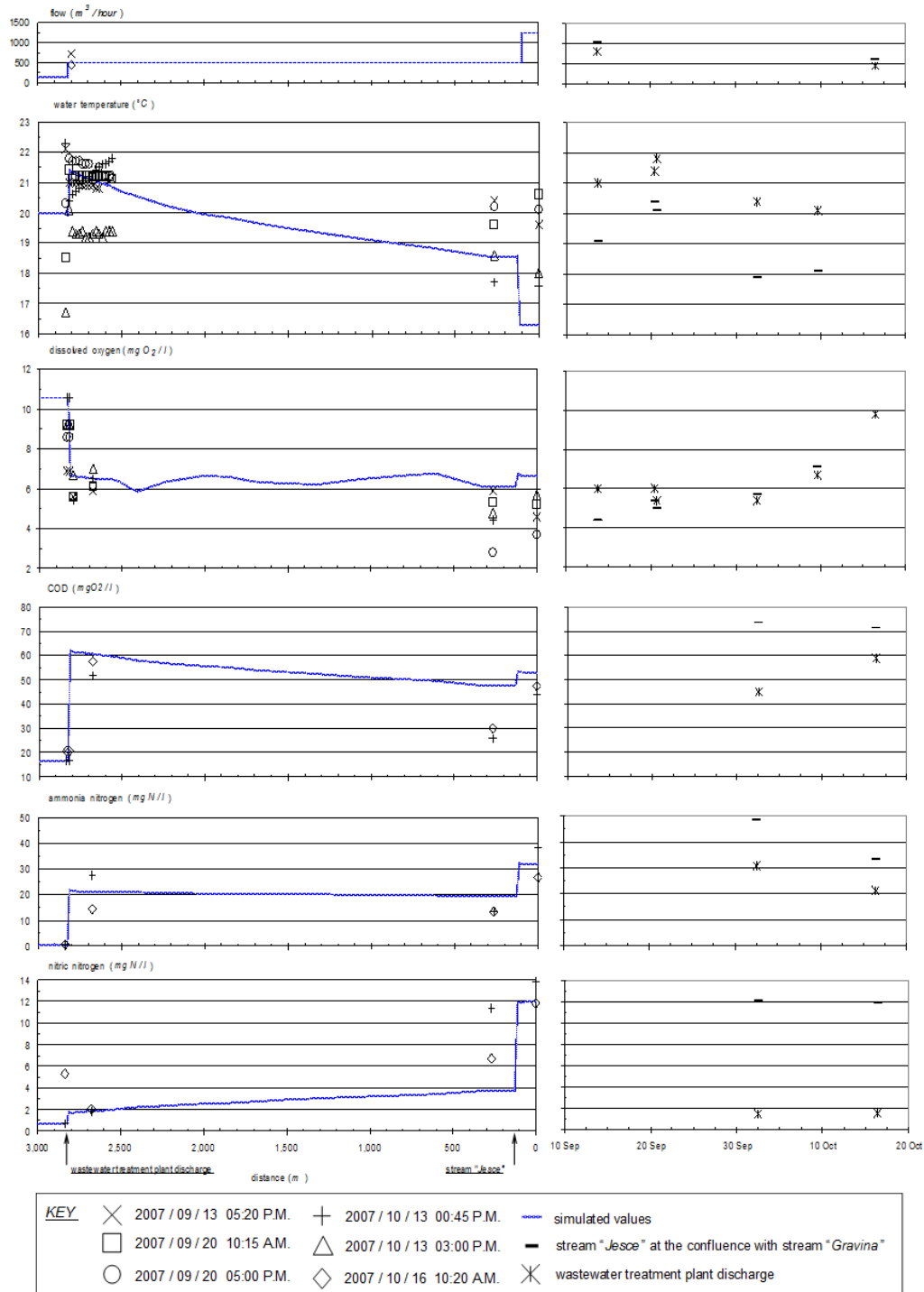


Fig. 2 - Observed and simulated water quality data of the stream "Gravina", during the months of September and October 2007; diagrams at the right side report the observed data of the Matera treatment plant discharge and the stream "Jesce" upstream the confluence with stream "Gravina"

Water restoration and use

In order to manage the quality of surface waters in the watershed studied, an analysis of a series of peculiar aspects is required.

Control pollution from point and non-point sources

The first actions concern the control of pollution of urban wastewater and in particular:

- the assessment of how the treatment plants serving the urban areas of the towns of Matera and Altamura are functioning; as far as the plant of Altamura is concerned, it is important to consider that the discharge occurs in the territory of a nearby region with negative effects on the Lucanian territory;
- management control of treatment plants, with special reference to the discharge of effluents that were not depurated as envisaged by the rules and the discharge into river-beds of sludge in excess by the effluent.

Further specific aspects are:

- the collection of point discharges presently not collected;
- the control of pollution from diffused sources draining off from the urban areas and from the areas used for agricultural and farming activities; during rainy periods, these waters bring organic and inorganic pollutants, also through fertilizers and pesticides.

The remedial actions that mainly must be undertaken on the watershed scale are:

- the determination of the polluting loads produced by urban areas and collected by the sewage systems;
- the determination of polluting loads produced by industrial areas;
- the adjustment of sewage networks, for their correct functioning during rainfall events.
- action for wastewater treatment: in order to obtain a better treatment of wastewaters, it is worth:
- verifying the depurative capacity of the existing plants serving the urban areas;
- checking the management activities of the existing treatment plants;
- building new plants and upgrade the existing ones in the industrial and commercial areas;
- assessing the solution to refine treated municipal secondary effluents in order to protect the quality of surface waters and restore natural habitats; in this respect we should consider that the existing treatment plant of the secondary effluents is not yet used.

A second aspect concerns the treatment of discharges produced by industrial and commercial areas. In this respect we observe that the existing plants are not running.

An operational approach could envisage the refining of the secondary effluents of the treatment plants with techniques of phyto-treatment and lagoons, to be carried out either in or outside the river-bed. The interventions in the river-bed could involve actions of re-oxygenation in river-bed based on hydraulic techniques. As for the feasibility of a constructed wetland plant, the main problems concern the localization of the treatment area (in and outside the river-bed) and the need to modify the hydraulic flow.

Recupero e uso dell'acqua

Al fine di gestire la qualità delle acque di superficie nel bacino studiato, è necessaria l'analisi di una serie di aspetti peculiari.

Controllo inquinamento da fonti puntuali e non puntuali

Le prime azioni riguardano il controllo dell'inquinamento delle acque reflue urbane e in particolare:

- la valutazione di come gli impianti di trattamento che servono le aree urbane delle città di Matera e Altamura funzionano; per quanto riguarda l'impianto di Altamura è interessante e importante considerare che lo scarico avviene nel territorio di una regione vicina con effetti negativi sul territorio lucano;
- il controllo di gestione degli impianti di trattamento, con particolare riferimento allo scarico di effluenti che non sono stati depurati come previsto dalle norme e allo scarico in alvei di fanghi di supero.

Ulteriori aspetti specifici sono:

- l'intercettazione e la raccolta degli scarichi puntuali attualmente non trattati;
- il controllo dell'inquinamento da fonti diffuse drenanti fuori dalle aree urbane e dalle aree utilizzate per le attività agricole e di allevamento; durante i periodi piovosi, queste acque portano inquinanti organici e inorganici, anche per l'uso estensivo di fertilizzanti e pesticidi.

Le azioni correttive che devono essere intraprese prevalentemente su scala di bacino sono:

- la determinazione dei carichi inquinanti prodotti da aree urbane e raccolti dai sistemi fognari;
- la determinazione dei carichi prodotti da aree industriali inquinanti;
- l'adeguamento delle reti fognarie, per il loro corretto funzionamento soprattutto durante eventi piovosi.
- azioni per il trattamento delle acque reflue: per ottenere un miglior trattamento dei reflui, risulta consigliabile;
- verificare la capacità depurativa degli impianti esistenti destinati alle aree urbane;
- il controllo delle attività di gestione degli impianti di depurazione esistenti;
- costruzione di nuovi impianti e aggiornare quelli esistenti nelle aree industriali e commerciali;
- valutare la soluzione per affinare il trattamento di effluenti secondari comunali al fine di tutelare la qualità delle acque superficiali e ripristinare gli habitat naturali; a questo proposito si deve considerare che l'impianto di trattamento esistente degli effluenti secondari non viene ancora utilizzato.

Un secondo aspetto riguarda il trattamento degli scarichi prodotti dalle aree industriali e commerciali. A questo proposito si osserva che gli impianti esistenti spesso non sono in esercizio.

Un approccio operativo potrebbe prevedere il trattamento degli effluenti secondari degli impianti di trattamento con tecniche di fito-trattamento e lagune, da effettuare all'interno o al di fuori del letto del fiume. Gli interventi in alveo potrebbero comportare azioni di riossigenazione in alveo basati su tecniche idrauliche. Per quanto riguarda la fattibilità di un impianto di fitodepurazione, i principali problemi riguardano la localizzazione della zona da trattare (dentro e/o fuori il letto del fiume) e la necessità di modificare artificialmente il deflusso idraulico.

## CONCLUSIONS

In order to safeguard surface water quality in the urbanized area of Matera (Basilicata region, Southern Italy) a survey was carried out to evaluate the basic elements of planning action.

The negative effects of water pollution originating in the anthropic pressure are widely evident in the watershed of the stream "Gravina". During the summer and early autumn season, the effluent flows from municipal wastewater treatment plant constitute the largest part of the stream water. Furthermore, the polluted water of the influent stream "Jesce" increases the load to be controlled.

Most of the measured parameters are characterized by a value higher than the limits envisaged by law. The conditions occurring in waters, above all the low concentrations of dissolved oxygen, nullify the presence of most aquatic species.

Simulation carried out by using the model QUAL2K allowed a good representation of water quality observed in field measures.

The described conditions clarify the necessity to safeguard the natural environment by understanding the causes and eliminating the effects. An improvement of the water quality could mainly be obtained through the control of the discharged polluted flow from urbanized watershed and agricultural and industrial areas, during both the dry and the rainy period. Phyto-treatment and lagoons of municipal secondary effluents could be an effective solution. When properly realized, such a system allows a reduction in the environmental impact and an improvement in the quality of the stream waters to be used in safe way, also in agriculture.

## REFERENCES

- [1]. Boyacioglu H., Boyacioglu H., (2007) - *Surface Water Quality Assessment by Environmetric Methods*. Environ Monit Assess 131, 371–376;
- [2]. Chapra S.C., (1997) - *Surface Water-Quality Modeling*. WCB/McGraw-Hill, Boston, USA;
- [3]. O'Connor, D.J., W.E. Dobbins, (1958). *Mechanism of Reaeration in Natural Streams*. ASCE Transactions. Paper N. 2934;
- [4]. Ouyang Y., (2005) - *Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis*. Water Research, 39, 2621–2635;
- [5]. Simeonov V., Stratis J.A., Samara C., Zachariadis G., Voutsas D., Anthemidis A., Sofoniou M., Kouimtzi T., (2003) - *Assessment of the surface water quality in Northern Greece* Water Research, 37, 4119-4124;
- [6]. \*\*\* EU (2000) - EEC Directive 2000/60, *Single Text on Environment*, Legislative Decree n.152/2006, n.4/2008, Bruxelles, Belgium.

## CONCLUSIONI

Al fine di salvaguardare la qualità delle acque superficiali nella zona urbanizzata di Matera (Basilicata, Italia meridionale) un monitoraggio è stato condotto per valutare gli elementi di base per la pianificazione degli interventi.

Gli effetti negativi dell'inquinamento delle acque provenienti dalle aree urbanizzate sono ampiamente evidenti nel bacino del torrente "Gravina". Durante l'estate e inizio autunno, i flussi di effluenti dall'impianto municipale di trattamento delle acque reflue costituiscono la maggior parte del flusso del corso d'acqua. Inoltre, l'acqua inquinata del torrente affluente "Jesce", aumenta ulteriormente il carico di contaminanti da tenere sotto controllo.

La maggior parte dei parametri misurati sono caratterizzati da un valore superiore ai limiti previsti dalla legge. Le condizioni che si verificano nelle acque, soprattutto le basse concentrazioni di ossigeno disciolto, annullano la presenza della maggior parte delle specie acquatiche.

La simulazione effettuata utilizzando il modello QUAL2K ha permesso una buona rappresentazione della qualità dell'acqua, con una buona corrispondenza fra valori calcolati e misurati in campo.

Le condizioni descritte chiariscono la necessità di salvaguardare l'ambiente naturale attraverso la comprensione delle cause e di eliminare gli effetti. Un miglioramento della qualità dell'acqua può principalmente essere ottenuto attraverso il controllo del flusso inquinato scaricato dal bacino urbanizzato con il contributo di aree agricole e industriali, sia durante il periodo secco che nel periodo delle piogge. I trattamenti di fitodepurazione o l'uso di lagune per depurare gli effluenti degli impianti di depurazione municipali, potrebbero costituire una soluzione efficace. Se correttamente realizzato, tale sistema consente una riduzione dell'impatto ambientale e un miglioramento della qualità delle acque del torrente, per poter essere utilizzate in sicurezza, anche per usi agricoli.

## BIBLIOGRAFIA

- [1]. Boyacioglu H., Boyacioglu H., (2007) - *La Valutazione della qualità dell'acqua superficiali da metodi Environmetric*. Environ Monit Assess. 131, 371–376;
- [2]. Chapra S.C., (1997) - *Modellazione di qualità dell'acqua superficiali*. WCB/McGraw-Hill, Boston, USA.
- [3]. O'Connor, D.J., W.E. Dobbins (1958). *Meccanismo di Reaeration in corsi d'acqua naturali*. ASCE Transactions. N. 2934;
- [4]. Ouyang Y., (2005) - *Valutazione delle stazioni di monitoraggio della qualità delle acque del fiume per analisi delle componenti principali*. Ricerca sulle Acque, 39, 2621–2635;
- [5]. Simeonov V., Stratis J.A., Samara C., Zachariadis G., Voutsas D., Anthemidis A., Sofoniou M., Kouimtzi T. (2003) - *La valutazione della qualità delle acque superficiali nel nord della Grecia*. Ricerca sulle Acque, 37, 4119-4124.
- [6]. EU (2000) - Direttiva CEE 2000/60, *Testo Unico sull'Ambiente*, Decreto Legislativo n.152/2006, n.4/2008, Bruxelles, Belgio.