

Evaluación y Provisión de caudales ambientales en los cursos de agua mediterráneos

- Conceptos Básicos, Metodologías y Práctica emergente

Estudio de caso mediterráneo

EL RÍO RIŽANA : EVALUACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL

Autor

Nataša Smolar-Žvanut

Nataša Smolar-Žvanut, E-mail: natasa@limnos.si
Danijel Vrhovšek, E-mail: dani@limnos.si

Las opiniones expresadas en esta publicación corresponden a los autores y no reflejan necesariamente las de UICN.



La publicación de los estudios de caso mediterráneos presentados en este Dossier Informativo ha sido posible gracias a la financiación de la Iniciativa del Agua y la Naturaleza respaldada por el Gobierno de Holanda y el apoyo financiero del Ministerio de Asuntos Exteriores, Dirección General de Cooperación para el Desarrollo, Italia.



El soporte central de las actividades de la UICN
en el Centro de Cooperación del Mediterráneo
está proporcionado por:



EL RÍO RIŽANA: EVALUACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL

Nataša Smolar-Žvanut, E-mail: natasa@limnos.si

Danijel Vrhovšek, E-mail: dani@limnos.si

1. ANTECEDENTES

Área de estudio: ubicación y características

El río Rižana, localizado en el área Istria de Eslovenia, tiene una longitud de 14 km y una cuenca de 204.5 km²; desemboca en el Mar Adriático y durante todo el año recibe agua proveniente de un manantial kárstico que es su principal fuente de abastecimiento. Al igual que muchas partes del Mediterráneo, el área es muy pobre en recursos hídricos; el río tiene una zona interior kárstica que consiste de formaciones de piedra caliza caracterizadas por caídas, barrancos y ríos subterráneos. El Rižana fluye a través de Škocjanski Zatok, el humedal lateral más grande de Eslovenia y de suma importancia como biotopo para las especies de flora y fauna en peligro. La zona húmeda está protegida legalmente desde 1998 bajo la Ley para la protección de la Reserva Natural de Škocjanski Zatok (UICN categoría IV), y está gestionada por DOPPS – BirdLife Eslovenia. En 1999, el gobierno esloveno aprobó un plan de acción de cinco años (1999-2003) para la gestión del humedal llamado “El programa para la protección y desarrollo de la Reserva natural de Škocjanski Zatok”; en el año 2001 se inició el proyecto LIFE-Natura III (titulado “Restaurando y conservando hábitats y aves en Škocjanski Zatok”) del que se espera resultados como la identificación y puesta en práctica de medidas para mejorar el aporte de agua dulce y salada a la laguna.

El clima del área es sub-mediterráneo con inviernos moderados y temperaturas veraniegas relativamente altas desde Mayo hasta finales de Septiembre, periodo en el que las sequías son muy frecuentes. La precipitación anual promedio es de aproximadamente 1,000 mm en las áreas costeras, mientras que la precipitación promedio en las cuencas superiores del río Rižana alcanza los 1,150 mm.

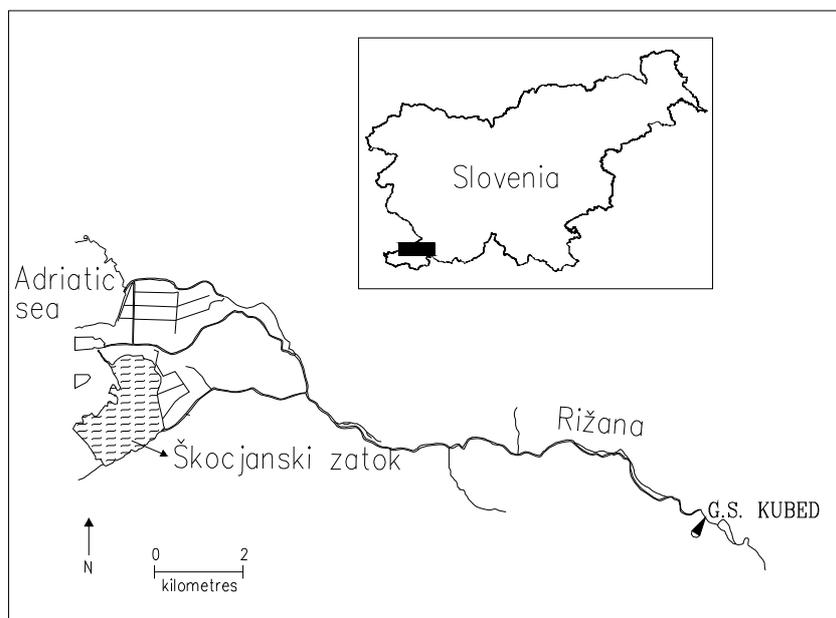


Figura 1. El río Rižana

El río Rižana tiene el estatus correspondiente a un cuerpo de agua utilizado principalmente para actividades deportivas y la pesca. Varios arroyos a lo largo del río están protegidos ambientalmente para la eclosión sostenible de la trucha jaspeada (*Salmo trutta marmoratus*); en las cercanías del río se encuentran frecuentemente comunidades de peces de las especies *Ostro – Quercetum pubescentes*,

Carici humulis – Centaureetum rupestres y Bromo – Chrysopogonetum grylli. La vegetación ribereña a lo largo del curso de agua está muy degradada debido al cultivo intensivo de la tierra y el desarrollo de carreteras.

Las características hidrogeológicas de la meseta kárstica (piedra caliza) que forma la zona interior del río Rižana son las responsables de los bajos caudales que fluyen en el Rižana durante el verano. El Cuadro 1 presenta los caudales registrados en la estación de aforo de Kubed durante un periodo de treinta años (1966-1995); la estación está ubicada en un tramo del río aguas abajo del manantial (ver la Figura 1) en el que las extracciones son realizadas para el sistema municipal de suministro de agua y donde la máxima capacidad de toma de agua es de $0.240 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Cuadro 1. Datos hidrológicos para el río Rižana en la estación de aforo de Kubed (1966 – 1995)

Parámetro	Valor
Área de la Cuenca de recepción	204.5 km^2
Caudal medio anual	$4.101 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
Caudal medio mínimo	$0.222 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
Caudal mínimo	$0.010 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
Q82	$0.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
Q95	$0.160 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

La cantidad de agua disponible en el río Rižana en cualquier época del año depende de la combinación de los niveles de agua subterránea, la precipitación y los aportes de tributarios menores; los afluentes son cortos y profundos, y tienen las características de torrentes que se secan en los periodos de verano. Las pequeñas extracciones de agua a lo largo del curso de agua durante los periodos de caudales máximos (esto es, en primavera y otoño) no cambian esencialmente la hidrología del río, sin embargo, en los periodos de sequía la cantidad de agua disminuye drásticamente debido a las extracciones.



Foto 1. El río Rižana



Foto 2. El río Rižana

La necesidad de una evaluación de caudales ambientales (ECA)

La extracción de agua del río Rižana data desde principios del siglo XIX cuando el valle de Rižana era el granero de la ciudad de Trieste y la región circundante; en ese entonces funcionaban en el valle 33 molinos, de los cuales ninguno está en operación actualmente. El río Rižana ha sido la fuente de abastecimiento municipal de agua desde 1935; después de 1960, esta extracción comenzó a incrementar debido al crecimiento de la población y al desarrollo del turismo. Hoy, el río Rižana es la fuente más importante de abastecimiento de agua para el área costera de Eslovenia.

Río abajo existen varias extracciones de agua adicionales para la piscicultura y la industria, y algunas extracciones para riego no reguladas durante el verano. La creciente densidad de la población con todos los fenómenos relevantes que esto conlleva como asentamientos, agricultura, industria, turismo, comercio, tráfico y vertederos de basura, pueden ser observados río abajo junto con las numerosas intervenciones hidrotécnicas que se han llevado a cabo. La demanda de agua para el consumo urbano así como para la explotación agrícola e industrial del río Rižana exceden la cantidad de agua disponible en el río; las consecuencias de esta demanda pueden observarse principalmente en el verano cuando, debido al deterioro del ambiente acuático, se han dado varios casos de mortandad de la fauna piscícola.

En 1986, en base a los cálculos hidrológicos y en respuesta a las regulaciones existentes, el Ministerio de Ambiente y Planificación Territorial determinó un caudal mínimo de $0.110 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ para el periodo seco de verano. Sin embargo, los primeros análisis sistemáticos del estado del agua del río Rižana no fueron desarrollados hasta 1993; el estudio incluyó recomendaciones de caudales para aumentar la cantidad de agua en el curso del río. El creciente reconocimiento de la evaluación multidisciplinaria de los caudales ambientales de otros cursos de agua en Eslovenia llevó al estudio de la determinación del caudal ambiental para el río Rižana en 1996, comisionado por el Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Territorial; el grupo del proyecto incluyó investigadores independientes de las áreas de hidrología, hidráulica, morfología, biología y arquitectura de paisajes.

2. EVOLUCIÓN DE LOS ENFOQUES DE CAUDALES AMBIENTALES EN ESLOVENIA

Características de Eslovenia

Existen diferentes clases hidromorfológicas de cursos de agua en Eslovenia, incluyendo ríos kársticos, de montaña y de valle. Las extracciones de agua actuales están dirigidas al abastecimiento de agua potable, la producción hidroeléctrica, la piscicultura, el riego, propósitos tecnológicos – y se están planificando niveles de extracción más elevados; la mayoría de las extracciones, tanto las actuales como las planificadas, ocurren en pequeñas cuencas en las que no existe información sobre la cantidad de agua disponible.

Para determinar los impactos ambientales es indispensable conocer la estructura y funcionamiento del ecosistema. Las evaluaciones de caudales ambientales (ECA) requieren que cada curso de agua sea tratado independientemente y que el caudal ambiental (CA) sea determinado a través de la cooperación interdisciplinaria. Debido a las condiciones hidrogeológicas específicas de las secciones particulares de los cursos de agua, es necesario determinar primero los valores de los caudales mínimos a través de mediciones simultáneas de los caudales en los periodos de estiaje.

Definición de los caudales ambientales en Eslovenia

La aprobación de nuevas licencias de extracción en Eslovenia requiere primero la determinación de los caudales ambientales en los cursos de agua respectivos. Esto se refleja en la Ley de Protección Ambiental y la nueva Ley de Aguas, que se hizo obligatoria en el año 2002. Dado que Eslovenia es uno de los países en proceso de adhesión a la Unión Europea, la gestión de los recursos hídricos eslovenos se verá sometida también en el futuro a la aplicación de la Directiva Marco de Aguas de la UE (DMA). La DMA requiere que se alcance un buen estado ecológico de los recursos hídricos superficiales para el año 2015, proceso en el cual la evaluación de caudales ambientales constituye una herramienta fundamental.

La primera definición de caudales mínimos en los cursos de agua de Eslovenia (lista de Uradni SRS, 1976) consistía en la cantidad de agua necesaria para permitir la supervivencia de los organismos acuáticos. Aunque la aplicación de esta definición fue la base para la concesión de permisos, de acuerdo a las regulaciones existentes, para asegurar la disponibilidad de agua potable y el uso del agua con fines económicos, no fue suficiente para la protección del equilibrio ecológico en los sistemas fluviales, siendo a menudo catastrófico desde el punto de vista de la preservación del ambiente y la diversidad de los organismos. Usualmente la evaluación de los caudales mínimos era realizada por las asociaciones de pescadores, pero en muchos casos, fueron los usuarios del agua quienes pagaron los daños causados por los altos niveles de extracción que agotaron totalmente el agua durante los periodos de caudales mínimos. Por esta razón, el Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Territorial financió el proyecto de investigación que comenzó en 1992 para definir el criterio de evaluación de la provisión de cantidad y calidad del agua que debía permanecer en el curso del río; este proyecto fue terminado en 1994 (Vrhovšek et al., 1994) y mejorado posteriormente en 2002 (Smolar-Žvanut et al., 2002).

La provisión de caudales ambientales en Eslovenia (referida además como caudal ecológicamente aceptable) requiere una definición de la cantidad y calidad del agua que es necesaria para preservar el equilibrio ecológico en el curso de agua y la zona ribereña. Esto implica la preservación de la estructura y funcionamiento del ecosistema, que se reflejan en la diversidad de especies. En esta definición, el caudal ambiental es la cantidad de agua que permite la supervivencia y la reproducción de los organismos acuáticos en diferentes habitats hidráulicos.

Bases para la determinación del caudal ambiental

En el proyecto de investigación citado anteriormente (Vrhovšek et al, 1994) se escogieron los siguientes puntos de partida teóricos para seleccionar los criterios apropiados para la evaluación del CA:

1. La República de Eslovenia debe preservar y proteger los cursos de agua.
2. El caudal ambiental debe ser determinado antes de que ocurra cualquier impacto que pueda afectar la estructura y funcionamiento del curso de agua como un ecosistema, ya sea en el sistema fluvial o en el área geográfica.
3. Determinar la estructura y funciones del ecosistema, hacer un inventario de la flora, la fauna y los factores ecológicos básicos del curso de agua y la zona ribereña, incluyendo el bombeo de agua subterránea y el vaciado de las cuencas de reserva.
4. Debe prestarse especial atención a las especies de plantas raras y animales en peligro, estos es, los grupos importantes para la preservación del equilibrio ecológico.
5. Llevar a cabo la evaluación de los habitats acuáticos que deben ser especialmente protegidos o que requieren un régimen especial de caudales.
6. Realizar una nueva evaluación de los caudales ambientales por cada cambio provocado por las actividades humanas en la cantidad y calidad del agua del sistema fluvial.

Métodos para la evaluación de caudales ambientales

En base a los criterios hidrológicos, hidráulicos, morfológicos y ecológicos apropiados para los diferentes tipos de ríos, se desarrollaron métodos hidrológicos y ecológicos (descritos en el proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Territorial citado anteriormente - Vrhovšek et al., 1994) con el fin de llevar a cabo evaluaciones de caudales ambientales. En los siguientes años se mejoraron los métodos que respaldaban los enfoques hidrológicos y ecológicos; para el año 2002 se utilizaban en la práctica ambas metodologías, sin embargo éstas no han sido legalizadas por decreto todavía (Smolar-Žvanut et al., 2002).

Es importante decidir qué método es más apropiado para un río en particular o un motivo de planificación específico. En un proyecto de investigación (Smolar-Žvanut et al., 2002) se propuso que el CA debería ser evaluado de acuerdo a los métodos ecológicos en caso de darse una de las siguientes situaciones:

- Si el curso de agua está localizado en un área preservada o protegida legalmente;
- Si existen especies de flora y fauna raras, en peligro, o protegidas, en el curso de agua o la zona ribereña;
- Si los territorios de freza están en peligro debido a la extracción del agua;
- Si la extracción de aguas es irreversible y no asegura por lo menos una cantidad de agua equivalente al caudal medio mínimo;
- Si en la sección del río donde ocurre la extracción del agua no se asegura un valor de por lo menos 0.8 del caudal medio mínimo;
- Si el inventario de hábitats, el trabajo de campo o la estimación ecológica requieren la aplicación de métodos ecológicos adicionales;
- Si el interés público demanda una clasificación múltiple de los cursos de agua;
- Si existe cierta cantidad de extracciones interdependientes en el curso de agua;
- Si el curso de agua pasa por el límite entre dos países;
- Si se llevan a cabo descargas de aguas residuales en la secciones del río donde se abstrae agua.

En otros casos, el caudal ambiental debe ser determinado por el método hidrológico.

Los puntos de partida para la definición de un caudal ambiental según ambos métodos son los parámetros hidrológicos e hidráulicos básicos, como el caudal medio anual, el caudal medio mínimo,

el caudal mínimo, etc. Si no existe información hidrológica o ésta es sumamente limitada, se sugiere que se lleven a cabo observaciones hidrológicas durante dos años para las nuevas extracciones de agua, especialmente en los periodos de caudales mínimos. Desafortunadamente, en la práctica las mediciones ocurren solamente una vez al año en el periodo de estiaje. En algunos casos se requiere un análisis especial de caudales en los meses de caudales mínimos, con cuyos resultados se construye posteriormente una curva de duración de caudales. Además de la información hidrológica, es necesario disponer de datos ecológicos básicos como un inventario de hábitats y una estimación hidromorfológica para la determinación del CA a través del método hidrológico.

En la aplicación del método ecológico, se toman muestras de zoobentos y fitobentos en puntos de muestros preseleccionados en las secciones del río afectadas. El número de puntos de muestreo depende de la amplitud del curso del río, la estructura de los hábitats y la velocidad del agua. En la sección afectada se realizaron mediciones hidrológicas y morfológicas, mientras que en los puntos de muestreo se midió la profundidad del río así como las velocidades locales y los cambios en la zona ribereña. Se determinó la diversidad de organismos acuáticos y los cambios en la biomasa de los fitobentos, y se realizó un inventario de macrófitos, flora y fauna de la zona ribereña; se sugirió además que se llevara a cabo una investigación ictiológica. La situación actual es descrita en base al análisis. Dependiendo de la cantidad, y duración de la extracción del agua y las características de los cursos de agua, la investigación puede ser reducida o extendida; por ejemplo, de acuerdo con la Convención de Diversidad Biológica de Río de Janeiro, se debe prestar especial atención a las especies raras y en peligro.

Debido a la dinámica estacional de los organismos y los diferentes caudales en el año, el análisis debe ser realizado en todas las estaciones del año, de acuerdo a la aparición estacional de los organismos acuáticos. La frecuencia del muestreo es mayor en los periodos de caudales mínimos cuando el efecto de la extracción del agua en los organismos acuáticos es mayor. El caudal ambiental es evaluado de acuerdo a los parámetros bióticos y abióticos críticos donde todavía se preserva el balance ecológico. En Eslovenia, se necesita especial atención para asegurar la suficiente cantidad y calidad del agua así como la dinámica de caudales que ayuda a controlar el crecimiento excesivo de los fitobentos.

En términos generales, el CA debe ser determinado por separado para cada usuario del agua. Si aumenta el nivel de extracción o cambia el régimen de caudales aguas abajo de la presa, será necesario determinar un nuevo valor del caudal ambiental. Las diversas opciones del CA deben ser discutidas en talleres por los expertos en el tema, asegurándose de consultar y permitir la participación de los diferentes usuarios del agua; las decisiones tomadas deben además estar basadas en información científica.

Aplicación de las evaluaciones de caudales ambientales en los ríos eslovenos

El Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Territorial requería que las ECAs sean llevadas a cabo en todos los cursos de agua para los que no se había especificado todavía un caudal ambiental. Como resultado, desde 1992 el CA fue evaluado para más de 180 secciones de los cursos de agua en Eslovenia, de acuerdo a los métodos descritos anteriormente. La mayoría de los caudales ambientales fueron evaluados para los diferentes usuarios del agua (123 lugares de estudio).

Las investigaciones independientes involucradas en el desarrollo de criterios para el caudal ambiental desempeñaron un papel importante en el programa de estudios para determinar la mayor parte de los valores de CA en Eslovenia. El tiempo necesario para completar un estudio en particular varió de algunos meses para los ríos pequeños a dos años para los grandes ríos. La ECA buscaba incrementar el caudal y así mejorar las condiciones para los organismos del río y la zona ribereña. Esto significaba que, especialmente en los periodos de caudales mínimos, solamente se podía abstraer pequeñas cantidades de agua de los cursos de agua.

Mientras que el caudal ambiental de la mayoría de los ríos pequeños fue determinado de acuerdo al método hidrológico, el método ecológico se utilizó para calcular el valor del CA en los ríos con grandes extracciones de agua. Cuando era posible, se realizaban experimentos con incrementos de prueba de los caudales aguas abajo de las presas y la evaluación de los hábitats con diferentes caudales.

3. DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DE CAUDALES AMBIENTALES EN EL RÍO RIŽANA

Debido a las grandes extracciones de agua en el nacimiento del río Rižana y a los impactos negativos en el humedal de Škočjanski Zatok, el equipo del proyecto decidió desarrollar las evaluaciones de caudales ambientales de acuerdo al método ecológico. Para ello, se recopiló información sobre todos los usuarios y contaminadores del río.

La principal extracción de agua del río Rižana está dirigida al suministro municipal de agua potable. El autorización de la gestión de aguas de 1986 para Rižanski Vodovod (la compañía suministradora de agua) estipula una extracción máxima de hasta $0.350 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, de los cuales $0.240 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ serían para el consumo y $0.110 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ para la preservación del caudal mínimo. Existen sin embargo extracciones adicionales que deberían ser tomadas en cuenta, como son: derivaciones de agua para dos piscifactorías localizadas en la cuenca superior del río Rižana; extracciones legales para riego de $0.074 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ río abajo; extracciones de agua no controladas para riego, especialmente en el verano; y, entre otros usuarios, extracciones para la industria, como Kemiplas Koper ($0.035 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) que dispone de licencia para utilizar el agua del río.

Existen 30 descargas pequeñas de aguas residuales en el río Rižana, de las cuales siete desembocan directamente en el río. El Rižana está contaminado por aguas residuales fecales e industriales, incluyendo el aporte del agua de lluvia y las descargas de aguas residuales en los arroyos, además de los aportes de agua residual de las dos piscifactorías y la percolación de la tierra agrícola en su área de influencia (fertilizantes, pesticidas). Las principales fuentes de contaminación del Rižana están localizadas en el tramo inferior del río (Cuadro 2).

Cuadro 2: Principales fuentes de contaminación en el río Rižana	
Contaminadores	
Industria	Lama Dekani, Kemiplas Koper, Instalacije Koper (Grupo Istrabenz), Luka Koper, Clariant Polisineteza Koper.
Asentamientos	Existen 31 asentamientos en el área con una población total de 31, 767 habitantes (2002); el asentamiento más grande es Koper con 23,726 habitantes. Una parte del agua fecal se origina de la planta de tratamiento de aguas residuales de Koper y las plantas de tratamiento de Kubed y Žgani; una parte de estas descargas desemboca directamente en el río Rižana.
Artesanías, servicios	En los asentamientos de la cuenca del río Rižana hay pequeños talleres de artesanías, centros de servicio y establecimientos de comida, cuyas aguas residuales fluyen a las plantas centrales de tratamiento o desembocan directamente en el río.
Planes de tratamiento de aguas residuales (WTP)	Hay cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales en el área: Koper Central WTP, Kubed WTP, Žgani WTP y la planta de tratamiento biológico de la compañía Instalacije Koper. Con excepción de la planta de Kubed, todas las demás descargan sus efluentes en el río Rižana.

En base al análisis de todos los contaminadores y usuarios del agua, se seleccionaron cuatro secciones de muestreo en el río; en estos tramos se tomaron muestras de fitobentos, biomasa de fitobentos y zoobentos con el fin de realizar análisis cuantitativos y cualitativos. Dichas muestras fueron tomadas

en el periodo de estiaje en el verano de 1996 y el invierno de 1997. Durante el periodo de muestreo, se midieron el caudal y la velocidad de las secciones, se recopiló información ictiológica y se realizó un inventario de macrófitos y de la vegetación ribereña. El valor del paisaje del río también fue evaluado en diferentes caudales.

Al mismo tiempo se llevaron a cabo análisis hidrológicos e hidráulicos desde el nacimiento del río hasta su desembocadura. El equipo del proyecto analizó los caudales mínimos y los caudales medios mensuales y dibujó una curva de duración de caudales. Las diferencias en las biomásas de fitobentos, expresadas como peso deshidratado, peso del residuo y clorofila *a* fueron examinadas con análisis estadísticos en las secciones de muestreo. El porcentaje del déficit de especies fue calculado para las especies taxonómicas de fito y zoobentos entre las secciones individuales del río; la calidad del agua fue evaluada utilizando el índice sapróbico de Pantle-Buck, mientras que la calidad biológica del río fue evaluada utilizando el sistema de puntuación del BMWP (Armitage et al., 1983) y el índice biótico ampliado (modificado por Ghetti, 1986).

Resultados del estudio

Los resultados de los análisis biológicos revelaron que un caudal de agua de $0,110 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ era demasiado bajo para el verano, provocando por consiguiente el crecimiento de fitobentos y una reducción de la diversidad de zoobentos. Con respecto a las derivaciones para el suministro de agua, los resultados de los análisis hidrológicos mostraron caudales de verano muy bajos, resultado directo del alto nivel de extracción a lo largo del curso del río combinado con la porosidad intergranular del sustrato, factores que han conducido al deterioro de la flora y fauna acuáticas. Tomando en consideración las características hidrológicas, ecológicas, morfológicas y del paisaje así como la evaluación del hábitat, el equipo del proyecto propuso un valor de $0.160 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ para el caudal ambiental del río Rižana durante el periodo seco de verano; este caudal reduciría los niveles de contaminación y permitiría el mantenimiento del equilibrio ecológico en el río y la zona ribereña. Los expertos decidieron el nivel del CA tomando en cuenta la información detallada arriba, incluyendo los niveles históricos de extracción.

Los principales usuarios del agua no fueron involucrados en el estudio ya que el objetivo era el aspecto biológico del Caudal Ambiental – en un enfoque que dependía del nivel de los expertos para definir la cantidad y calidad del agua que debería permanecer en el río para proteger su estructura y funciones. El caudal ambiental fue determinado para el río Rižana mientras que la cantidad de agua que fluye a través del canal hacia la zona húmeda de Škocjanski Zatok no fue definida. El presente estudio no incluye el impacto y la correlación de los aportes de diferentes cantidades de agua del río Rižana a Škocjanski Zatok a lo largo del año.

Además de cuantificar el caudal ambiental, el estudio recomienda las siguientes medidas de gestión:

1. Uso racional del agua.
2. Regulación de las extracciones de agua arbitrarias y no controladas.
3. Tratamiento de aguas residuales.
4. Consultar a biólogos antes de llevar a cabo cualquier desarrollo de la gestión de aguas (determinación de umbrales, disposición/orden/organización de las riberas del río).

Opciones futuras

El tramo del río Rižana localizado antes de su desembocadura, debe ser examinado debido a la especificidad de su biotopo; los resultados de la investigación deben ser tomados en consideración con respecto al régimen hídrico del Rižana, en particular, es necesario realizar un estudio del efecto del río sobre la estabilidad del ecosistema de Škocjanski Zatok.

La evaluación del caudal ambiental en 1996 fue más complicada de lo esperado debido a la humedad experimentada en el verano de dicho año, sin embargo, los resultados así como las observaciones hidrológicas a largo plazo mostraron indiscutiblemente que los caudales bajos en los periodos de invierno no fueron críticos en estas circunstancias. De este modo, el equipo del proyecto propuso concentrar el seguimiento e intensificarlo sobretodo en los meses de Junio, Julio, Agosto y septiembre. El equipo recomendó que durante estos meses se realizaran análisis regulares en los puntos de muestreo donde la investigación se había llevado a cabo anteriormente; esta investigación incluiría análisis biológicos, y, en cuanto a los parámetros físicos y químicos, sólo se utilizarían las mediciones relacionadas a la contaminación orgánica, industrial o física.

Los métodos ecológicos desarrollados en Eslovenia analizan la comunidad de organismos acuáticos y no solamente especies específicas, no obstante al igual que en todos los métodos, su mayor deficiencia consiste en la falta de evidencia de que la biota responde a los cambios en el régimen de caudales. En el futuro, estos métodos requerirán más atención a la comunidad de peces así como también la evaluación del CA para los contaminadores del agua.

El equipo fue involucrado en un proyecto separado de Revitalización del río Rižana en 2002, financiado por la Municipalidad de Koper. El objetivo principal del proyecto es la identificación cuantitativa y cualitativa de los impactos de las actividades humanas en la calidad del agua, el establecimiento de una lista de medidas prioritarias relativas a la extensión de los impactos y las posibilidades de rehabilitación, además de la preparación de documentos relacionados a las medidas adoptadas, incluyendo el seguimiento. El proyecto pretende lograr la revitalización del río Rižana, alcanzar las características hidráulicas óptimas, autoprotectoras y de hábitat, elaborar un programa a largo plazo de coexistencia entre la naturaleza y el hombre en la cuenca del Rižana, y preservar la biodiversidad del agua y la zona ribereña.

El uso racional del agua, la búsqueda de nuevas fuentes de agua potable, el tratamiento de aguas residuales, el control de la contaminación del agua, la evaluación de los caudales salientes y la provisión del caudal ambiental son los factores más importantes sugeridos por el equipo del proyecto.

4. LECCIONES APRENDIDAS Y PRINCIPALES RETOS

Esta investigación consiste en un enfoque interdisciplinario que abarca las áreas de biología, hidrología, hidráulica, morfología y arquitectura de paisajes, e incluye además la recopilación de datos biológicos e hidrológicos en diferentes hábitats y al mismo tiempo.

El Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Territorial financió este trabajo en el río Rižana. El valor estimado del caudal ambiental no ha sido cumplido en la práctica debido principalmente a que los métodos para la evaluación de caudales ambientales no han sido legalizados todavía. Actualmente no existe una legislación apropiada que permita un incremento en el valor del CA, y existe una fuerte oposición del principal usuario – Rižanski vodovod, la compañía que suministra el agua, ya que tendría menos agua a su disposición durante los meses secos.

Vale la pena mencionar que en los últimos diez años se han realizado grandes esfuerzos para mejorar las características ecológicas de los cursos de agua de Eslovenia; un paso importante en la gestión de cuencas es la determinación y garantía del caudal ambiental. En la nueva Ley de Aguas, el artículo 71 señala que el CA debe ser asegurado durante todo el año; el agua puede ser abstraída del curso de agua solamente bajo la condición de que el estado ecológico del río no se verá deteriorado. La posibilidad real del potencial del agua debe ser respetada y los factores naturales incorporados en la gestión del ambiente.

5. REFERENCIAS

- Armitage, P D, Moss D, Wright J F & Furse M T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Wat. Res.* 17(3): 333-347.
- Ghetti, P F. 1986. Manuale di applicazione i macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua. Indice biotico: E.B.I., modif. Ghetti, Stazione Sperimentale Agraria Forestale, Servizio Protezione Ambiente di S. Michelle all'Adige - Trento, 105 pp.
- Smolar N, Vrhovšek D, Lovka M, Krušnik C, Kosi G, Černač B, Bertok M, Muck P, Burja D, Anzeljc D, Rebolj D. 1997b. *Določitev ekološko sprejemljivega pretoka za Rižano (Determination of Ecologically Acceptable Flow for the Rižana River). Final Report*, Water Management Institute: Ljubljana; 82 p.
- Smolar N, Vrhovšek D. 1998. Experiences at the Application of Ecologically Acceptable Flow in Slovenia. In *Proceedings: International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering*, Petraš J. (ed). Faculty of Civil Engineering: Zagreb; p. 103-108.
- Uradni list SRS. 1976. Uredba o ureditvi določenih vprašanj s področja voda (Decree on legal regulation in the field of water). *Uradni list SRS (Official gazette of Socialistic Republic of Slovenia)* 22: 1321-1323.
- Vrhovšek D, Martinčič A, Krušnik C, Kosi G, Burja D, Muck P, Smolar N, Pogačnik Z. 1994. *Kriteriji za zagotovitev dopustnih najnižjih pretokov v Sloveniji (The Criteria for Acceptable Minimum Flows in Slovenia). Final Report*, Water Management Institute: Ljubljana; 131 p.
- Smolar-Žvanut N, Vrhovšek D. 2002. Evaluation and Application of Environmental Flows for Running Waters in Slovenia. In: Abstracts of the 4th International Ecohydraulics Symposium, 3-8 March 2002, Cape Town: Southern Waters Ecological Research and Consulting; p. 55.
- Smolar-Žvanut N, Vrhovšek D, Burja D, Muck P, Anzeljc D, Kavčič I, Povž M, Kosi G, Krušnik C, Lovka M. 2002. *Predlog metodologije za določanje ekološko sprejemljivega pretoka (The Recommendations for Assessment of Ecologically Acceptable Flow)*: Ljubljana; 38 p.
- Hidro Koper 1993. *Študija določitve profilov nizkih pragov na reki Rižani.* (The Study of the Determination of Low Tresholds on the Rižana River): Koper; 113 p.

Agradecimientos

Las actividades descritas en este documento son financiadas principalmente por el Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Territorial de Eslovenia y la Municipalidad de Koper.

Los autores están agradecidos a todos los miembros del equipo del proyecto. Agradecemos especialmente a Peter Muck, Darko Burja, Darko Anzeljc, y Dušan Rebolj por su trabajo de campo de hidrología e hidráulica, al Dr. Gorazd Kosi, Dr. Ciril Krušnik, y Marko Bertok por su trabajo en biología, y a Iztok Kavčič por sus consejos en relación a la arquitectura de paisajes.

También quisiéramos agradecer los comentarios proporcionados por Gordana Kerekeš del Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Territorial de Eslovenia, Andreja Poklar de la Municipalidad de Koper, y Lawrence Hass del Centro de Cooperación en el Mediterráneo de UICN en el borrador de consulta.

Páginas Web

<http://www.sigov.si/mop/>

Página Web del Ministerio de Medio Ambiente
y Planificación Territorial

<http://www.koper.si/povezave>

Página Web de la Municipalidad de Koper

<http://www.limnos.si>

Limnos d.o.o.