

<i>Ing. Miroslav Fojtík, ředitel Hornického muzea v Ostravě</i>	
Hornické tradice a Landek	72
<i>Ing. Miroslav Seidl, Ing. Václav Valšáek, VÚHU, a.s., Most</i>	
Současný stav příprav realizace zóny technických památek v Mostě	74
<i>Ing. Stanislav Maček, VÚHU, a.s., Most</i>	
Udržitelná energetika v Dánsku a Evropě	77
<i>Ing. Jiří Blovský, VÚHU, a.s., Most</i>	
20. Flammentag v Essenu	80
<i>Ing. Jaroslav Jiskra, Ph.D., Sokolovská uhelná, a.s.</i>	
Páté setkání hornických měst a obcí se letos uskutečnilo ve Stříbře	82
<i>Ing. Jaroslav Jiskra, Ph.D., Sokolovská uhelná, a.s.</i>	
Žádost o odbornou pomoc !!	83
Komentované zprávy z časopisu Braunkohle 1/2001	86
<i>H.-W. Schiffer, Německo</i>	
Strukturální změny v německé a evropské energetice	91
<i>Ing. Stanislav Štýs, DrSc., ECOCONSULT PONS</i>	
Prezident Václav Havel v Severočeském hnědouhelném revíru	102
Články neprocházejí vědeckou korekturou a za odbornou úroveň si autor odpovídá sám.	

Ing. Vladimír Chour, CSc., Hydroprojekt, a.s.

Vodohospodářské řešení rekultivace a revitalizace Podkrušnohorské uhelné pánve

Wasserwirtschaftliche Lösung der Rekultivierung und Revitalisierung des Braunkohlenbeckens unter dem Erzgebirge

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit der Bezeichnung „VaV/510/2/98 - „Wasserwirtschaftliche Lösung der Rekultivierung und Revitalisierung des Braunkohlenbeckens unterm Erzgebirge“, gelöst im Rahmen des langfristigen Programms HYDROSFERA II des Ministeriums für Umwelt ČR, wurde Mitte 1998 aufgenommen. Auf dessen Lösung nahmen führende Fachleute des Lehrstuhls für Hydrotechnik, Bodenmelioration und Landschaftsgestaltung bei ČVUT, weiter des Forschungsinstitutes für Wasserwirtschaft TGM Praha, GEOMEDIA Praha, Hydroprojekt und einige weitere Spezialisten teil. Das Projekt, orientiert auf alle wasserwirtschaftliche Aspekte, die mit der vorgesehenen Beflutung der 8 Restlöcher zusammenhängen, wird dem Vergeber im Dezember 2001 übergeben. Die Ausgänge des Projektes werden den Interessanten wie gewohnt in digitalen Form gegeben.

Im Beitrag werden die Hauptergebnisse und Schlussfolgerungen des Projektes angeführt damit, dass sog. hydrische Rekultivierung der Restlöcher aus der wasserwirtschaftlichen Sicht voll machbar und aus der Sicht der Umweltschutz und -gestaltung eine günstige Variante der Rekultivierung und Revitalisierung des durch den extensiven Kohleabbau belasteten Geländes ist. Im Gebiet, das gemeinsam mit den benachbarten, ähnlich betroffenen Geländen Deutschlands und Polens unter der Bezeichnung „Schwarzer Dreieck“ traurig berühmt ist, sollte die Entstehung der Restlochseen und damit zusammenhängende Erhöhung des Niveaus und der Attraktivität der Umgebung (nach der bereits erreichten grundsätzlichen Verbesserung der Luftsauberkeit) ein der weiteren Schritte dazu sein, teilweise die wirtschaftlichen und sozialen Wirkungen

des Rückganges der Kohleförderung zu kompensieren und eine nachhaltige Landesentwicklung zu erneuern.

Water system solution of reclamation and revitalisation of Northern Bohemia Coal Basin

Research and development project designated “VaV/510/2/98 - Water system solution of reclamation and revitalisation of Northern Bohemia Coal Basin” solved within the scope of long term program HYDROSFERA II of Ministry of the Environment of the Czech Republic has been started in the middle of 1998. Prominent experts from Department of Hydrotechnics, Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering of Czech Technical University in Prague, TGM Water Research Institute, GEOMEDIA Prague, Hydroprojekt and some others have participated on its solving. Project concentrated on all water aspects related to planned flooding of totally eight residual shaft of mines after coal mining will be devolved on taskmaster on December 2001 threefold (printed copy and complete digital recording on compact disk CD drive). The project outputs will be furnished to eventual interested persons in digitally form as well as in previous years.

There are clearly arranged principal results and conclusions of the project together with the facts that so-called hydrological reclamation of residual shaft of mines is fully feasible from water system point of view and that from the environmental point of view it is favourable option of reclamation and revitalisation of territory damaged due to extensive coal mining. Development of lakes and consequential improving of environment standard and attraction (after substantial improving of environment pollution achieved earlier) should be one of the other steps allowing partially compensate economic and social

impacts of reduction in coal mining and rebuild sustainable territorial development in the region, which was along with analogously damaged neighbouring territory in Germany and Poland in the beginning of the nineties infamous as a "black triangle of Europe".

Водохозяйственное решение рекультивации и ревитализации Подкрупногорного угольного бассейна

Работы над проектом научного исследования и развития под обозначением VaV/510/2/98 - "Водохозяйственное решение рекультивации и ревитализации Подкрупногорного угольного бассейна" в рамках долгосрочной программы ГИДРОСФЕРА II Министерства охраны окружающей среды Чешской Республики были начаты в половине 1998 года и участие в них приняли выдающиеся специалисты кафедр гидротехники, мелиорации и ландшафтного инженерства Чешского ВТУЗ, Научно-исследовательского водохозяйственного института им. Т. Г. Масарыка в Праге, фирм ГЕОМЕДИЯ Прага и Гидропроект, а также некоторые другие приглашенные эксперты. Проект, ориентированный на все аспекты водного хозяйства, связанные с планируемым затопливанием всего 8 остаточных ям разрезов после завершения угледобычи был представлен заказчику в декабре 2001 года. Зантересованные лица могут получить CD-ROM с результатами и выводами проекта по заказу.

В статье дается обзор основных результатов и выводов проекта с тем, что так наз. гидро-рекультивация остаточных ям бывших угольных разрезов является с точки зрения водного хозяйства вполне реализуемым и с точки зрения охраны и воссоздания окружающей среды благоприятным вариантом рекультивации и ревитализации территорий, нарушенных обширной разработкой угольных запасов. В области, которая вместе с аналогично девастированными районами в Германии и в Польше, в начале 90-ых годов

приобретшей дурную репутацию "черного треугольника Европы" должно возникновение озер, вместе с последующим повышением уровня и привлекательности среды (после еще раньше достигнутого коренного улучшения качества атмосферного воздуха) стать одним из дальнейших шагов, позволяющих частичную компенсацию экономических и социальных последствий редукации угольной промышленности и возобновления постоянно сохранительного территориального развития.

Vodohospodářské řešení rekultivace a revitalizace Podkrušnohorské uhelné pánve

Projekt výzkumu a vývoje s označením „VaV/510/2/98 - Vodohospodářské řešení rekultivace a revitalizace Podkrušnohorské uhelné pánve“, řešený v rámci dlouhodobého programu HYDROSFÉRA II Ministerstva životního prostředí ČR, byl zahájen v polovině roku 1998 a na jeho řešení se podíleli přední odborníci kateder hydrotechniky, meliorací a krajinného inženýrství ČVUT, Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM Praha, GEOMEDIA Praha, Hydroprojektu a někteří další přizvaní specialisté. Projekt, zaměřený na všechny vodohospodářské aspekty související s plánovaným zatápěním celkem osmi zbytkových důlních jam po těžbě uhlí, bude předán zadavateli v prosinci 2001 ve trojím vyhotovení (tiskový elaborát a kompletní digitální záznam na kompaktním disku CD-ROM). Obdobně jako v předcházejících letech budou výstupy projektu poskytovány případným zájemcům v digitální formě.

V příspěvku se přehledně uvádějí hlavní výsledky a závěry projektu s tím, že tzv. hydrická rekultivace zbytkových důlních jam je z vodohospodářského hlediska plně realizovatelná a z hlediska ochrany a tvorby životního prostředí příznivá varianta rekultivace a revitalizace území poškozeného extenzivní těžbou uhlí. V oblasti, která spolu s obdobně postiženým sousedním územím v Německu a Polsku byla začátkem 90. let nechvalně známa jako „černý trojúhelník Evropy“, by měl být vznik důlních jezer

a s ním související zvýšení úrovně a atraktivnosti prostředí (po již dříve dosaženém zásadním zlepšení ve znečišťování ovzduší) jedním z dalších kroků umožňujících

částečně kompenzovat ekonomické a sociální dopady útlumu těžby uhlí a obnovit trvale udržitelný územní rozvoj.

Ministerstvo životního prostředí České republiky (MŽP ČR) vypsal v roce 1998 veřejnou soutěž na čtyřletý projekt výzkumu a vývoje VaV/510/2/98 - Vodohospodářské řešení rekultivace a revitalizace Podkrušnohorské uhelné pánve. V soutěži byla vyhodnocena jako nejlepší nabídka Hydroprojektu, a.s., který se stal řídicím pracovištěm kolektivu řešitelů, ve kterém jsou kromě vlastních pracovníků Hydroprojektu zastoupeni specialisté Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM, Stavební fakulty ČVUT, firmy GEOMEDIA, s.r.o., a v krátkodobějších pracovních úvazcích i další odborníci.

Odborným garantem je zadavatel projektu, odbor ochrany vod MŽP ČR, který důsledně sleduje mj. plnění základního požadavku na řešení projektu, tj. získání objektivního, nezávislého pohledu na rekultivaci zbytkových důlních jam „mokrou cestou – hydrickou rekultivací“, a to v celé šíři zájmového území a řešené problematiky (viz obr. 1 a tab. 1). „Mokrou cestou“ se rozumí zatopení (zaplavení) zbytkových důlních jam po ukončení báňských činností vodou a následný vznik důlních jezer, jejichž okolí dotčené předcházející důlní těžbou bude účelně rekultivováno a revitalizováno. V projektu jde rovněž o provázanost závěrů bilance vody dostupné pro zatápění a její kvality. Na projektu se podílejí zejména poskytováním podkladů a konzultacemi delegovaní pracovníci Povodí Ohře, a.s., Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí Most a všech dotčených těžařských společností. Na kontrolní dny projektu jsou pravidelně zváni představitelé obcí a jiných orgánů a organizací na zájmovém území.

Tab. I. - Věcné a časové cíle zatápění zbytkových jam (aktualizace k 15.4.2000)

Název lomu	Varianta	Předpoklad zahájení napouštění	Plocha hladiny (ha)	Kóta hladiny (m n.m.)	Objem vody (mil. m ³)	Hloubka vody (m)	
						prům.	max.
Chabařovice		2001	225,0	145,3	35,0	15,6	23,3
Most – Ležáky		2006	322,5	199	72,354	22,4	59,0
Medard Libík	–	2010	501,4	401	138,0	27,5	51,0
ČSA	„optimální“	2020	701,0	180	235,8	33,7	130,0
	„hluboká“	2020	1 259,0	230	760,0	60,4	150,0
Šverma – Hrabák (jedna zbytková jáma)	č.1	2030	342,0	195	35,6	10,4	37,0
	č.2	2050	390,1	215	73,6	18,8	40,0
Bílina		2037	1 145,0	200	645,0	56,0	170,0
DNT- Březno – Libouš		2038	640,0	277	110,4	17,3	52,0
Jiří-Družba		2038	1 322,3	394,0	514,9	40,6	93,0
Celkem zbytkové jámy			min. 3 876,9		min. 1 787,1		
			max. 4 483,0		max. 2 349,3		

Orientační časová analýza zatápění lomů

Časovou analýzou zatápění lomů se mj. zabývá koordinované řešení tří dílčích úkolů projektu (hydrologické poměry v povodí, bilance vodních zdrojů včetně vodohospodářských soustav a matematické modelování srážkoodtokových vztahů). Následující graf (obr. 2) vychází ze zjednodušujícího předpokladu, že od předpokládaného termínu zahájení napouštění jednotlivých zbytkových jam budou jednotlivé zbytkové jámy plněny průtokovým množstvím 0,5 – 1,0 nebo 1,5 m³/s. Hodnoty těchto průtoků byly zvoleny pro co nejnázornější ilustraci délky procesu plnění jam a časového překrývání odběrů vody z říční sítě.

Při předpokladu plnění jam z přirozených průtoků z povodí budou dostupné odběry velmi omezené a doby potřebné k naplnění se zejména u největších zbytkových jam mohou prodloužit až na několik desetiletí v závislosti na předem nepředvídatelné vodnosti daného období. Při plnění s využitím vodohospodářských soustav bude zřejmě možno zabezpečit průměrné průtoky podstatně vyšší (i více než v grafu zvolené hodnoty 1,5 m³/s), čímž by se zkrátila doba plnění na několik let a u nejmenších jam případně i na méně než jeden rok.

Prognózy úrovně hladin podzemní vody

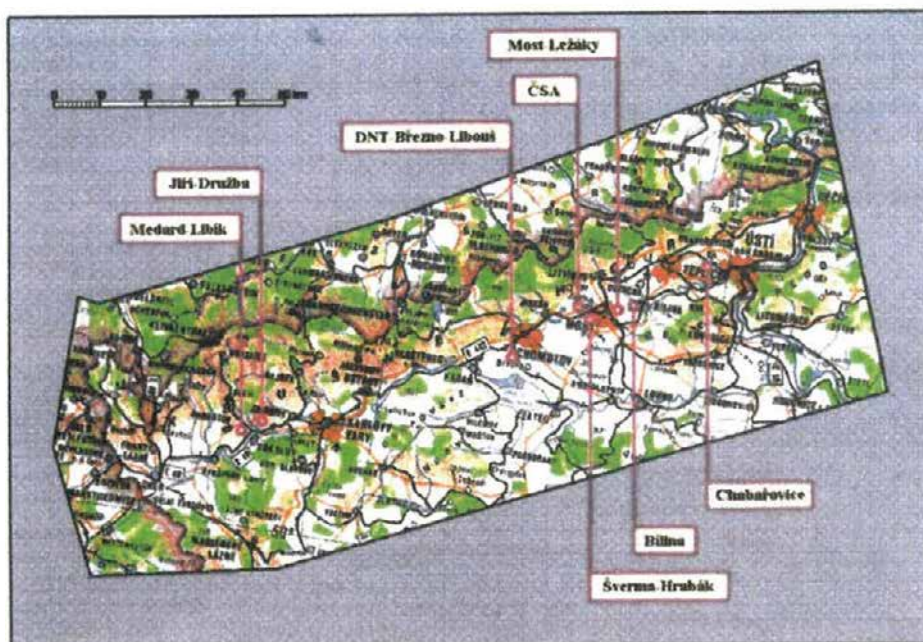
V rámci výzkumného projektu se vyvíjí regionální model celého zájmového území Podkrušnohorské hnědouhelné pánve. Dokončení modelu v tomto rozsahu a odvození praktických závěrů z jeho aplikace se předpokládá až v roce 2001. V roce 1999 byl na stejných principech odzkoušen model na území jámy Chabařovice s cílem získat podklady pro opětné plnění zvodně podzemní vodou po ukončení čerpání důlních vod.

Ilustrační ukázky řešení modelu chabařovické oblasti jsou uvedeny na obr. 4 a 5.

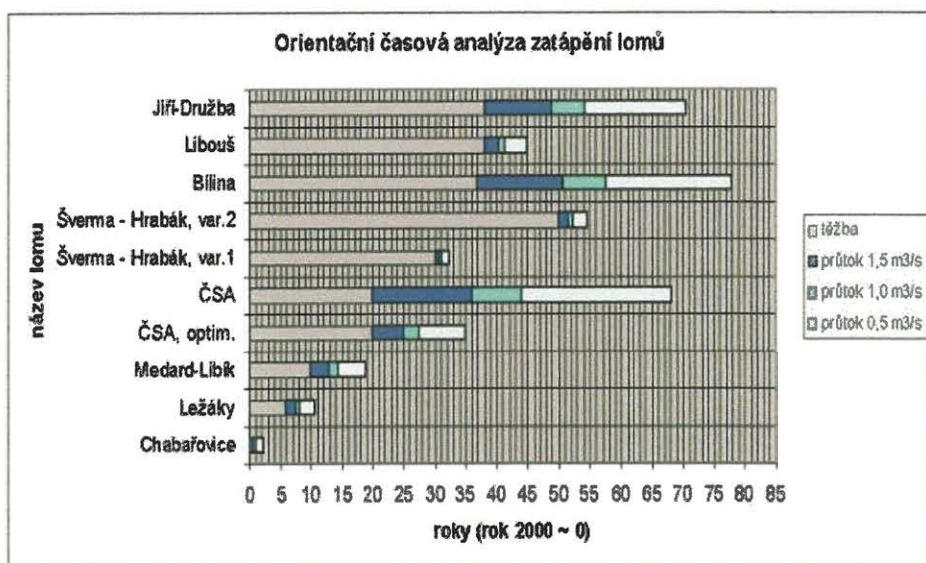
Prognózy biologické a hydrobiologické kvality vody k plnění jam a jejich monitorování

V roce 1999 se monitorování kvality vody přednostně soustředilo na nádrž Chabařovice, která se má začít plnit vodou jako první ze všech uvažovaných zbytkových jam. Zkoumány byly ukazatele kvality vody podle ČSN 75 7221 na zdrojových tocích a na přítoku do nádrže Kateřina, v této nádrži a na odtoku z ní se zřetelem na odběrný profil na tzv. centrální přeložce potoků II (obr. 6).

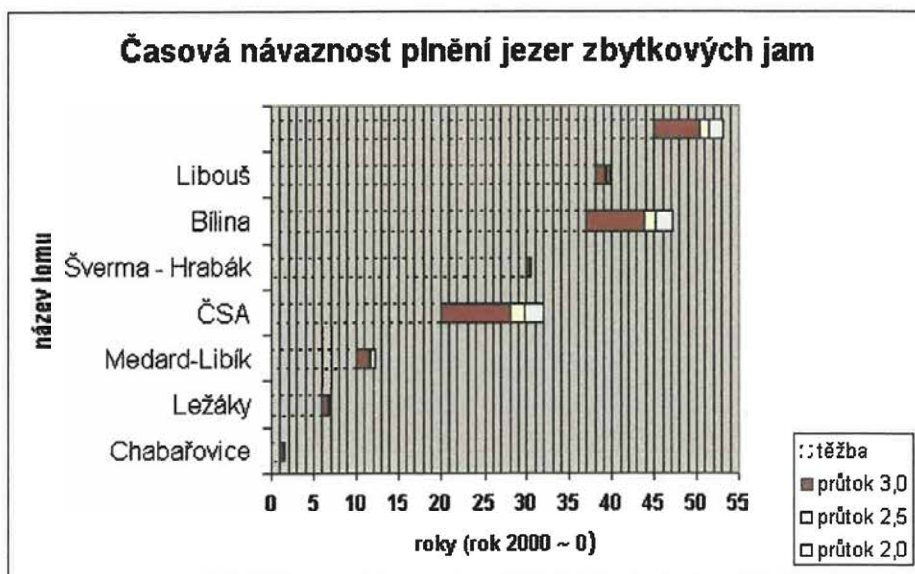
Dosavadní analýzy opakovaně odebraných vzorků vody ukázaly, že vliv nádrže (předzdrže) Kateřina na kvalitu vody se projevoval nepříliš výrazně, avšak vcelku pozitivně. Tento výsledek byl očekávatelný vzhledem k tomu, že nádrž je poměrně malá (maximální plocha 37,5 ha) a zejména mělká (průměrná projektovaná hloubka 5,3 m).



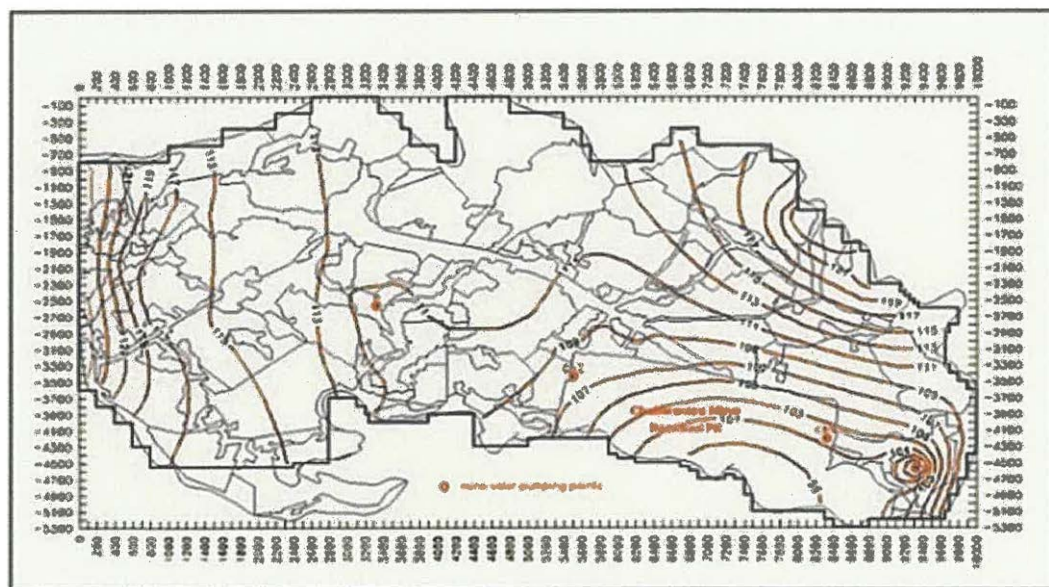
Obr. 1 Přehledná situace zájmového území a polohy řešených zbytkových jam



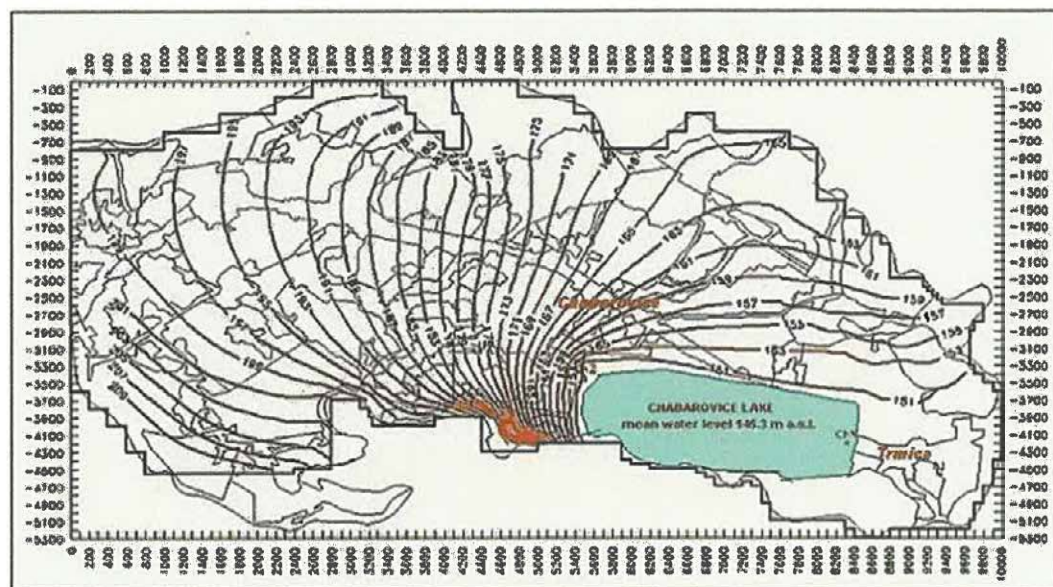
Obr. 2 Orientační časová analýza plnění zbytkových jam - scénáře s odběry 0,5 až 1,5 m³/s



Obr. 3 Orientační časová analýza plnění zbytkových jam - scénář s odběry 2,0 až 3,0 m³/s a s doporučeným vyloučením souběžného plnění jam Bílina a Jiří - Družba



Obr. 4 Charakteristický výstup modelu v oblasti jámy Chabařovice - současný stav



Obr. 5 Charakteristický výstup modelu v oblasti jámy Chabařovice - konečný stav po zatopení jámy (obrázek z anglické prezentace projektu - Chabařovice Lake = Jezero Chabařovice, hladina 145,3 m n.m.)

Nejdůležitější závěry řešení projektu za roky 1998 až 2000**a) Bilanční řešení podle přibližných vstupních podkladů**

Hydrologický potenciál povodí řek Ohře a Bíliny umožňuje provést rekultivaci uvažovaných zbytkových jam po těžbě uhlí mokrou cestou. Napouštění a doplňování jezer vodou bude možné i při dodržení požadavků na zachování minimálních zůstatkových průtoků v říční síti pod odběrnými profily a na neomezování dosud vodoprávně povolených odběrů vody. Dostupné vodní zdroje jsou schopny zabezpečit požadovanou hydrickou rekultivaci i za předpokladu klimatické změny, jejíž vznik ještě v průběhu tohoto století se v současné době v odborných kruzích pokládá za prokázaný a neodvratný. Zásoby vody v jezerech by z tohoto hlediska byly ještě cennější.

Rozlohou vodní hladiny budou budoucí důlní jezera přibližně srovnatelná s nádrží Nechranice. Specialisté Českého hydrometeorologického ústavu v Ústí nad Labem však soudí, že jejich vliv na klima v krajině bude plošně značně omezen (mikroklima) a že vzestupné a sestupné vzdušné proudění nad jezery, vyvolané rozdílnými teplotami vody a okolní krajiny, může působit jako příznivý filtr pro znečišťující látky v ovzduší.

b) Řízené plnění zbytkových jam s využitím vodohospodářských soustav

Současný stav průtoků Ohře a Bíliny je zásadně ovlivněn vybudovanou soustavou nádrží a převody vody. Bez nich by nebylo možno dodržet dnešní minimální stanovené průtoky v Bílině ani na horní Ohři. Plnění zbytkových jam vodou s využitím vybudovaných vodohospodářských soustav by umožnilo účinně řídit časový režim plnění omezením nahodilostí vyplývajících z průběhu počasí, srážek a odtoků, zásadně zkrátit dobu napouštění a příznivě ovlivňovat kvalitu vody pro plnění. Pro plnění všech zbytkových jam je významná vodohospodářská soustava v povodí Ohře s nádržemi Jesenice, Skalka a Nechranice. Plnění některých jam ovlivňuje přímo a některých převodem vody do povodí Bíliny. Pro plnění jam na Mostecku je možno využít i nádrže Přísečnice, Fláje, Jirkov a Janov. Volba účelného režimu plnění a praktická využitelnost vodohospodářských soustav bude záviset mj. zejména na výši (konstrukci) poplatku za vodu odebranou k plnění jam.

c) Bilance a úrovně hladin podzemních vod

Modelové simulace vlivu ukončení těžby, resp. ukončení čerpání důlních vod na bilanci a úrovně hladin podzemních vod, zpracované v úzké spolupráci se specialisty důlních společností, R-PRINCIPu a Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí v Mostě, se zatím v potřebných podrobnostech soustředily na oblast nádrže Chabařovice. Na základě výchozí hydrogeologické hypotézy o úrovni hladiny podzemní vody před zahájením těžby byly získány prognózní údaje o postupném zaplňování stařinové zvodně v okolí chabařovické zbytkové jámy. Tzv. regionální model, zahrnující centrální část pánve, bylo z časových a finančních důvodů možno v rámci projektu vypracovat s menší podrobností (řešený půdorysný krok 500 m). Použitý pětivrstevný 3D model však umožňuje kdykoli v budoucnosti podle potřeby řešení doplňovat nebo zpodrobňovat.

d) Kvalita vody

Hydrochemické, hydrobiologické a ichtyologické průzkumy a pozorování naznačují, že jámy je možno zatopit z dostupných povrchových toků (Ohře, Bílina s převody vody umožněnými existující vodohospodářskou soustavou) tak, aby kvalita vody vyhovovala pro budoucí využití jezer k rekreaci a ke koupání. Kvalita vody v říční síti, v odběrných profilech a v samotných jezerech, však zůstává i nadále velmi závažným faktorem a bude vyžadovat zavedení spolehlivého monitorování rozhodujících ukazatelů předpokládaných v příslušných státních normách, resp. ve směrnicih EU.

Při průměrné hloubce vody výrazně přesahující 10 m a při předpokládaném omezení přítoků vody po zatopení pouze na krytí ztráty výparem a z toho plynoucí mnohaleté doby zdržení vody (desetiletí), se zatopené důlní jámy vesměs budou projevovat jako neprůtočná hluboká jezera s mnoha příznivými vlastnostmi pro jejich následné využívání ke koupání a všeobecnou rekreaci, zejména s tendencí k oligotrofii (nízkému obsahu živin) a při důsledném vyloučení zdrojů znečištění vody ve vlastním povodí a trvalém omezení přísunu fosforu do jezer budou v nich dlouhodobě vyloučeny procesy eutrofizace. Z vodních ploch existujících na zájmovém území lze budoucí jezera přirovnat pouze k nádrži Barbora, ostatní nádrže (typicky např. nádrž Vrbenský) jsou podstatně mělké a jejich porovnávání s budoucími důlními jezery nemá valný smysl.

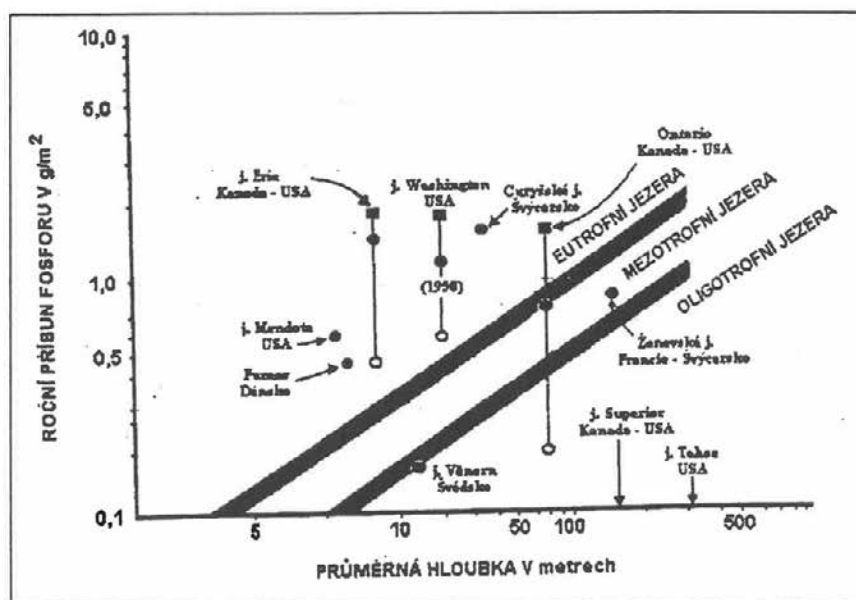
Zvláštní pozornost byla věnována kvalitě vody v Bílině v říčním km 51,66, který leží ve směru po toku nedaleko pod výústěmi odpadních a dešťových vod z areálu Chemopetrolu, a.s. Tento říční profil se v porovnání se všemi dalšími profiley uvažovanými pro plnění ostatních zbytkových jam považuje z hlediska kvality vody za nejméně vhodný. Např. saprobiologické a ekotoxikologické posouzení v tomto profilu ukázalo, že jakost vody je alfa-mesosaprobního stupně a je ve stadiu intenzivního samočištění. Napouštění budoucího jezera Most přivaděčem z tohoto profilu Bíliny lze připustit pouze na základě revize a sanace bodových i plošných zdrojů znečištění Bíliny nad uvedeným profilem za účelem snížení koncentrace fosforu a zejména amonného dusíku ve vodě.

V projektu byly proto podrobně analyzovány otázky kvality vody ve zdrojových tocích a v budoucích důlních jezerech. Porovnáním řady literárních pramenů bylo např. zjištěno, že v současné době existuje určitý posun mezi původní vědeckou interpretací pojmů **eutrofie** a **eutrofizace** (eutrofikace) a jejich interpretací v odborné praxi, a že někdy dochází i ke zkreslenému pochopení u široké veřejnosti, které se v některých případech projevuje až nadměrnými obavami z jakýchkoli eutrofizačních procesů a z eutrofních nádrží jako takových.

Eutrofizace vodních nádrží je nežádoucí proces vyvolaný zvýšeným přísunem živin do nádrže. Trofie čili různý stupeň životnosti (úživnosti) závisí v první řadě na množství chemických látek (živin) ve vodě. Podle rostoucí úživnosti se rozlišují nádrže oligotrofní, mezotrofní, eutrofní a hypertrofní. **Oligotrofní** nádrž (jezero) má vizuálně *čistou vodu*, tzn. malé množství živých organismů a velkou průhlednost vody (mnoho metrů). Taková nádrž a její voda je univerzálně využitelná. Pro koupání je oligotrofie optimální, mezotrofie přijatelná. V oligotrofních nádržích mohou žít sportovně atraktivní velké druhy lososovitých ryb. **Eutrofní** nádrž má menší průhlednost vody způsobenou intenzivním rozvojem drobných vodních organismů (planktonu). Pravidelně dochází k přemnožení různých druhů rostlin, což je zpravidla vnímáno jako znečištění vody. To může mít různé podoby: bujné porosty rákosin u břehů znemožňující přístup k vodě, bohaté porosty ponořené vodní makrovegetace ztěžující

plavání, bohaté porosty vláknitých řas na dně a na ponořených předmětech, které se někdy uvolňují a pokrývají hladinu nádrže. Nejproblematictější z hlediska rekreace je rozvoj sinic vytvářejících vodní květ. Jsou to mikroskopické vodní rostlinky, které mají plynové vakuoly. To jim umožňuje hromadit se u hladiny. Po nafoukání větrem ke břehu vznikají silné vrstvy nevábně vyhlížející kaše, která při rozkladu zbarvuje pobřeží intenzivně zelenomodře. Navíc některé druhy sinic mohou vytvářet toxiny, na něž je asi šestina lidí alergická (záněty spojivek, zarudnutí kůže). Eutrofní nádrže jsou rekreačně využitelné jen pro lodní sporty. Druhé spektrum ryb je omezeno hlavně na kaprovité, často drobné a sportovně bezcenné druhy. V **hypertrofních** nádržích jsou tyto nepříznivé jevy ještě výraznější. Silný rozvoj fytoplanktonu (rostlinný plankton) však může potlačit rozvoj makroskopických vodních rostlin. Velmi malá průhlednost vody (několik decimetrů) má za následek silné prohřívání vody u hladiny a rychlý pokles teploty směrem dolů, což je nepříjemné při koupání.

K **omezení eutrofizace** je nejúčinnější snížit přísun právě té živiny, které je z hlediska potřeb fytoplanktonu relativně největší nedostatek a která je pro růst fytoplanktonu limitující. V našich podmínkách, resp. u sladké vody to bývá nejčastěji **fosfor**. Limitace růstu fytoplanktonu fosforem ve většině sladkovodních ekosystémů byla prokázána a byly odvozeny vztahy mezi růstem biomasy řas a přísunem fosforu v jezerech (obr. 6). Zároveň bylo poukázáno, že fosfor podléhá ve vodě rychlým změnám v důsledku fyzikálně chemických procesů i biologických pochodů (chemická vazba na Fe^{3+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , inkorporace do rostlinných tkání, bioflokulace a sedimentace, biofiltrace). Eliminace fosforečnanového P, která je způsobena poměrně rychlým procesem inkorporace do fytoplanktonu, s dobou zdržení nádrže (R) velmi rychle vzrůstá až do R blízké 30 dnů. Pak dosahuje 80 až 90 % zadržení. V mělkých a malých nádržích (s nahromaděním bohatých sedimentů) může naopak docházet k uvolňování fosforu.



Obr. 7 Klasické Vollenweiderovo schéma¹ trofie jezer v závislosti na přísunu fosforu

¹ Příkryl I. ET AL. (1999): Kvalita vody v jezeru Most. R-PRINCIP Most, 46 s.

Z obr. 7 lze mj. také odvodit, že jako eutrofní podle stavu v roce 1968 (plné kroužky) byla klasifikována známá jezera Erie a Ontario, Curyšské jezero aj. (graf byl sestaven na základě údajů z více než 60 jezer), u kterých se předpokládalo, že bez omezení přísunu fosforu dojde v letech 1985-1990 k dalšímu zhoršení (čtverečky), zatímco v případě snížení přísunu fosforu k zlepšení stavu trofie jezer (prázdné kroužky).

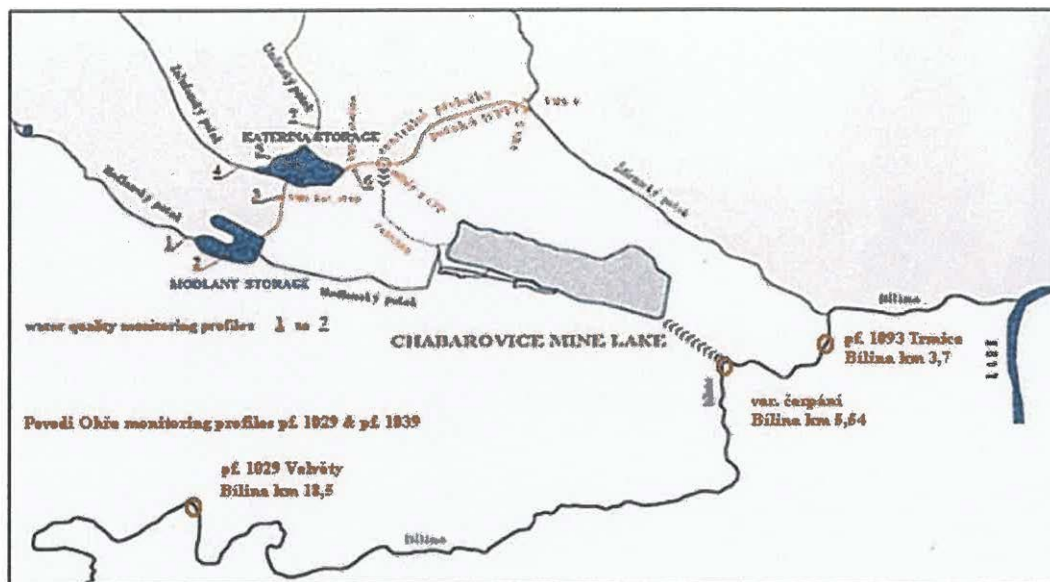
Trofii vody **při napouštění jezera Most - Ležáky** podrobně modelovali Příkryl a Faina (viz odkaz pod čarou ad 1) s využitím podrobných geomorfologických podkladů o zbytkové důlní jámě a na základě závislostí uvedených v oficiální publikaci UNEP (Rast et.al) publikovali mj. následující prognózu snižování obsahu celkového fosforu v jezerní vodě (obr. 8).

Soubory dat, které jsou k dispozici, nedovolují kvantifikovat rozmezí faktorů, při kterých už nedochází k eliminaci P v nádrži, nýbrž k jeho uvolňování. Kvalitativně to jsou **malá hloubka** (dostupnost světla pro fytoplankton v celém vodním sloupci), **krátká doba zdržení** (omezený rozvoj filtrujícího zooplanktonu), **zvýšená koncentrace lehce rozložitelných organických látek** (z přítoku nebo z vlastní produkce v nádrži – kyslíkový deficit a uvolňování P ze sedimentů), **silná vrstva sedimentů** bohatých na lehce rozložitelné organické látky. Pro zajištění eliminace celkového P alespoň 50 % jsou nutné podmínky pro zdrž následující: **průměrná hloubka větší než 8 m**, délka vzdutí delší než 1 km, **doba zdržení delší než 2 týdny**. Podmínky v nádrži musí umožnit teplotní stratifikaci a rozvoj filtrujícího zooplanktonu. Sedimenty je nutno odstraňovat dříve než vyplní 1/4 hloubky nádrže.²

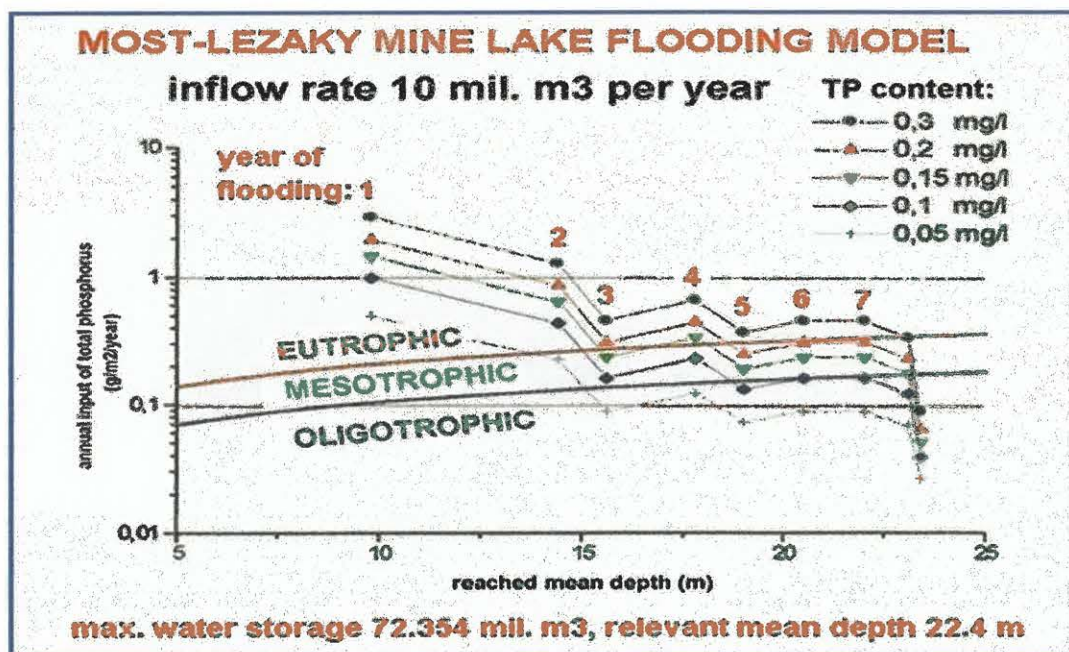
Rozsáhlá **zpráva o eutrofikaci jezer v SRN** byla nedávno zveřejněna na Internetové webové stránce <http://www.umwelt-deutschland.de/eutrophication>. Pro účely projektu VaV/510/2/98 jsou nejzajímavější údaje o známém jezeru **Konstanz (Constance)** na horním Rýnu. Jde o hraniční jezero, které se mj. využívá k odběru a úpravě pitné vody asi pro 4,5 milionu obyvatel v Německu, Rakousku, Švýcarsku a Lichtenštejnsku. Hladinová plocha je 539 km², obsah vody 49 km³, průměrný přítok 11,47 km³, odtok 11,51 km³, průměrné srážky na hladinu dosahují 0,50 km³ a výpar z hladiny 0,33 km³. Jezero se skládá z dvou zdrží, hluboké Obersee, jehož západní část se nazývá Überlinger See, má průměrnou hloubku 100 m a maximální hloubku 254 m, zatímco mělká Untersee má průměrnou hloubku 13 m. Obě zdrže jsou propojeny 4 km dlouhým vodním útvarem Seerhein, kterým voda z Obersee vtéká do Untersee.³

² Straškrabová, V. ET AL., (1992): Zadržování fosforu v nádržích. In: Pitná voda z údolních nádrží 1992- W&ET Team, České Budějovice, s. 401-405.

³ Müller G. (1997): Clear Constance. In: WQI September / October 1997, s. 30-33.

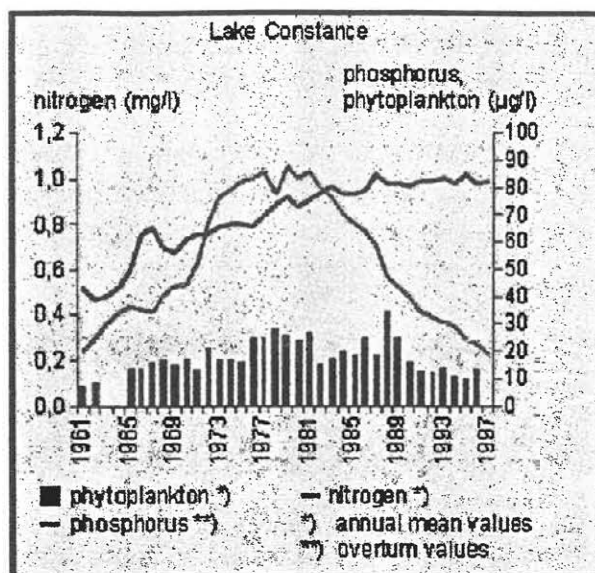


Obr. 6 Zdroje vody pro plnění zbytkové jámy Chabarovice a jejich monitorování (obrázek z anglické prezentace projektu - monitorovací profily na Bilině a přítocích)



Obr. 8 Prognóza trofického stavu vody v průběhu napouštění jámy Most - Ležáky (obrázek z anglické prezentace projektu - plnění 10 mil. m³ ročně, obsah celkového fosforu TP ve zdrojové vodě 0,05 až 0,3 mg/l, svislá osa - roční přísun TP na 1 m² plochy nádrže, vodorovná osa - dosažená průměrná hloubka vody)

V období let 1960-1980 vzrostl přísun celkového fosforu do jezera Konstanz téměř pětinašobně (obr. 7). V důsledku toho se v tomto období čtyřnásobně zvětšila biomasa řas planktonu. Od roku 1980 se postupně projevila technologická zlepšení na čistírnách odpadních vod, používání bezfosfátových detergentů v domácnostech a jiná opatření, takže koncentrace fosfátů ve vodě se snížily, i když stále zůstávají natolik vysoké, že v klimaticky nepříznivých obdobích se tvoří značné množství biomasy řas, jejichž následný rozklad nepříznivě ovlivňuje prokysličením vody u dna. Od konce 80. let obsah biomasy fytoplanktonu setrvale klesá, čímž se zvětšuje průhlednost vody v jezeře. Na rozdíl od fosforu koncentrace dusíku převážně ze zemědělských zdrojů dosud nevykazují sestupný trend.



Pro sanaci a obnovu „rovnovážné“ trofie jezer v SRN se navrhuje především dlouhodobá nápravná opatření zaměřená na všechny zdroje a příčiny kontaminace vody v jezerech vyvolané lidskou činností. Naopak, krátkodobá opatření, např. provzdušňování (aerace) se chápou jako intervenční akce v systému, jehož cílem je „terapeuticky“ omezit vliv lidské činnosti. Eutrofizace je stejně jako v minulosti problémem, který nejčastěji poškozuje ekologický stav jezer. Pokud se má eutrofní jezero asanovat, hlavním cílem musí být obnova trvale stabilního ekologického stavu, který bude soběstačný a nebude vyžadovat žádná stálá, externě řízená intervenční opatření. Eliminace nebo přinejmenším **zásadní snížení obou hlavních živin, fosforu a dusíku**, však zůstává základní podmínkou pro to, aby byl možný dlouhodobý úspěch sanace. V tomto smyslu nezbytnými sanačními opatřeními v povodí jezera jsou hlavně projekty zlepšující **technologie čištění odpadních vod**, které se v Německu již dlouhou dobu intenzivně zavádějí a dále opatření k **omezení přísunu chemikálií ze zemědělství** (snížení odtoku živin z hnojiv a odvodněných močálů). Po omezení přísunu živin z povodí však nebude v mnoha případech k dispozici dostatek času, aby k potřebnému zlepšení stavu jezer došlo bez doplňkových (interních) nápravných opatření. Zvláště u mělkých jezer a u jezer s malou výměnou vody může uvolňování fosforu akumulovaného v sedimentech trvat dlouhá desetiletí a tím brzdí návrat jezera k nízkému trofickému stavu. Před konkrétním návrhem koncepce sanačních opatření se musí uskutečnit limnologická analýza jezera, ve které se vyhodnotí významnost různých zdrojů živin a metabolických procesů pro jednotlivé složky potravního řetězce.

Vývoj kvality vody v zatopených zbytkových jamách Otakar a Barbora u Teplic⁴

Barbora u Teplic (vedle jámy ČSM) je příkladem úspěšného zatopení zbytkové jámy a vzniku velkého hlubokého umělého jezera v tuzemsku. Velmi významné je, že

⁴ Přikryl, I. ET AL. (1999): Pitná voda ze zbytkových jam po těžbě uhlí? In: Sborník konference „Pitná voda 1999“, Tábor, s. 125-130.

na jejím přítoku je předřazena nádrž (zatopená zbytková jáma) Otakar. Obě jámy byly předmětem výzkumů projektu VaV/510/2/98 a v závěrečné zprávě dílčího úkolu – Limnologické-ichtyologické aspekty za rok 1998 jsou mj. uvedeny následující údaje:

Nádrž	Plocha (ha)	Max. hloubka (m)		Zatopena	Zarybněna	Odebrané vzorky
		uváděná	zjištěná			
Otakar	28	-	13	1970	1974	i, I
Barbora	55	62	52	1979	1984	i, I

Poznámka: i - ichtyologické vzorky, I - limnologické vzorky

Jáma Barbora byla neřízeně zatopena převážně důlními vodami. V současné době tvoří nádrž Otakar předzdrž před nádrží Barbora a potok Bouřlivec zdroj vody pro systém Otakar – Barbora. Nádrž Barbora měla po zatopení již v období let 1985 až 1988 vodu vyhovující ve většině ukazatelů kritériím pro vodárenské toky, a sledování v období let 1996 až 1998 ukázalo další zlepšení kvality vody u všech sledovaných ukazatelů, přestože je nádrž velmi intenzivně využívána k rekreaci (tab. II). Ve srovnání s 80. léty došlo mj. k dalšímu, i když mírnému poklesu celkového fosforu v nádrži. V letech 1996-1998 bylo opakovaně zjišťováno trvalé prokysličení vodního sloupce od hladiny až po dno, což bylo zřejmým důsledkem účinné jarní a podzimní cirkulace vody v celém rozsahu vody v nádrži. V celém vodním sloupci byla také voda oživena zooplanktonem a fytoplanktonem. Ještě v hloubce 27 m byly nalezeny porosty parožnatek a také vitální rozsivky s dobře vyvinutými chloroplasty. Pozoruhodné je také zlepšení kvalitativních ukazatelů v sekvenci profilů Otakar – přítok a odtok a Barbora - odtok⁵ (tab. III).

⁵ Příkryl, I. ET AL. (1999): Pitná voda ze zbytkových jam po těžbě uhlí? In: Sborník konference „Pitná voda 1999“, Tábor, s. 125-130.

období		1985 - 1988		1996 - 1998	
		min.	max.	min.	max.
pH		7,3	8,5	6,7	8,0
alkalita	mmol/l	2,2	7,3	1,2	2,1
BSK ₅	mg/l	0,3	3,0	0,4	1,6
CHSK-Mn	mg/l	1,1	5,9	1,4	2,2
CHSK-Cr	mg/l	2,0	34	7,2	14
NH ₄ -N	mg/l	0,08	0,31	0,03	0,19
NO ₃ -N	mg/l	0,11	4,52	1,00	1,28
NO ₂ -N	mg/l	0,001	0,027	0,003	0,020
P-PO ₄	mg/l	0,000	0,039		
TP	mg/l			0,007	0,012
Ca	mg/l	58	135	40	46
Mg	mg/l	48	88	17	26
Cl	mg/l	12	74	13	16
SO ₄	mg/l	290	605	123	264
Fe	mg/l	0	0,5	0,02	0,09
Mn	mg/l	0	0,2	0,02	0,07
NL	mg/l	0	33	0,37	3
RL	mg/l	620	1313	301	354
vodivost	μS/cm	885	1139	403	469

Tab. II – Ukazatele kvality vody v nádrži Barbora

profil	vodivost	RL	BSK ₅	CHSK _{Mn}	CHSK _{Cr}	P _{celk}
	μS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Otakar - přítok	189	154	1,8	3,3	14,6	0,064
Otakar - odtok	280	306	1,8	3,0	11,2	0,024
Barbora - odtok	418	338	0,9	2,0	9,5	0,008

Tab. III – Ukazatele kvality vody v soustavě nádrží Otakar - Barbora

Rybí obsádka a eutrofizace důlních jezer. Řízení vodního ekosystému prostřednictvím vhodných rybích obsádek lze pokládat za jeden z „nejekologičtějších“ perspektivních opatření u nádrží a jezer, ve kterých se preferuje čistota vody a produkce ryb není dominantním cílem, ale prostředkem a indikátorem kvalitní vody plně vyhovující pro plavání, rekreaci, sportovní rybaření apod. Dříve závazná směrnice bývalého Ministerstva lesního a vodního hospodářství ČR z roku 1977 doporučuje tzv. účelové rybářské hospodářství (ÚRH) jako účinnou metodu ovlivňování a zlepšování kvality vody vodárenských nádrží a jezer tzv. cestou biologické rovnováhy.

Rybí obsádka byla sledována na 40 vodárenských nádržích, na nichž byla pozorována tendence k ovlivnění nižší trofické hladiny. Bylo zjištěno, že namnožený zooplankton byl schopen účinně odfiltrovat z vody značné množství řas. Upřednostňuje se rybí obsádka salmonidního typu, tzn. velký podíl lososovitých ryb s relativně malými hustotami plevných ryb (okoun, plotice, cejn, ouklej, ježdík, jelci), které směřují ve společenstvo kaprovitých ryb neschopné účinně omezit růst fytoplanktonu tím, že narušují rovnováhu potravního řetězce nadměrným požíváním zooplanktonu.

Zavedení ÚRH u nově napouštěných nádrží se pokládá za poměrně snadné, avšak po zavedení je třeba zabránit, aby došlo k samovolnému rozmnožení společenstva s biomasou 200 až 700 kg ryb na 1 hektar vodní plochy. Při takových hustotách je zooplankton tvořen malými formami, které nejsou schopny účinně omezit růst fytoplanktonu a primární produkce řas je pak určována množstvím dostupných živin, především fosforu ve vodě.

Ve výzkumném projektu byly také sledovány ichtyologické poměry v existujících nádržích v oblasti Podkrušnohorské uhelné pánve, ze kterých lze např. uvést, že koncentrace chlorofylu-a v nádrži Barbora je nižší, než by odpovídalo teoretickému modelu vztahu koncentrací celkový fosfor-chlorofyl. Je zřejmé, že případné projevy eutrofizace nádrže jsou omezeny vlivem „biomanipulačního efektu“ - tj. příznivou činností velkých filtrátorů zooplanktonu v důsledku nízké a prostorově omezené rybí obsádky (vlivem pro ryby poměrně nevhodné morfologie nádrže).

e) Revitalizace území a tvorba krajiny

Řešení úkolu „Tvorba krajiny v povodí Ohře a Bíliny“ se zaměřilo na problémy obnovy toků, energie, vody a látek v krajině narušené povrchovou těžbou, na vyhodnocení použitelných podkladů z tzv. stabilního katastru a na otázky prostupnosti území a krajinné heterogenity. V oblasti Chabařovic byl v roce 1999 zjištěn současný stav přeložek potoků realizovaných pro uvolnění území k těžbě uhlí a pro protipovodňovou ochranu lomu a byl posouzen dosavadní Územní systém ekologické stability. V roce 2000 byly shrnuty a zobecněny dosavadní závěry a v různých variantách navržena konkrétní opatření k revitalizaci vodních toků. Podrobně byly rovněž zdokumentovány přeložky potoků uskutečněné v souvislosti s uvolňováním území pro těžbu a k protipovodňové ochraně uhelných lomů (celkem asi 270 fotografií v digitálním formátu .jpg – viz ukázka na obr. 8) v centrální části pánve. V roce 2001 byly obdobné průzkumy uskutečněny v sokolovské části pánve.

f) Porovnání s trendy a zkušenostmi se zatápěním zbytkových jam v SRN⁶

Ve středoněmeckém a lužickém revíru v SRN bylo již rozhodnuto, že po ukončení těžby lignitu zde bude do roku 2013 zatopeno vodou celkem 49 velkých zbytkových jam s celkovým objemem vody přes 4,5 miliardy m³ (další 2 miliardy m³ vody budou zapotřebí k doplnění zásob podzemních vod v rozsáhlých depresních kuželech vzniklých čerpáním vod v oblastech povrchových lomů) a úhrnnou hladinovou plochou jezer přes 25 tisíc hektarů. Tento záměr významně urychlilo přijetí tzv. Rámcové směrnice EU v oblasti vody č. 2000/60/EU, podle které se důlní jezera charakterizují jako umělé vodní útvary a podzemní vody ovlivněné čerpáním jako vodní útvary silně ovlivněné lidskou činností. Pro oba tyto útvary vod rámcová směrnice požaduje, aby právě do roku 2013 byl u nich dosažen dobrý chemický stav a dobrý ekologický potenciál (požadavky jsou definovány řadou ukazatelů chemického složení a oživení vod).

Celkové vodohospodářské řešení včetně řešení vodohospodářských děl a soustav při zatápění lomů v SRN je velmi blízké tuzemskému, významný rozdíl však vyplývá kromě rozdílného ekonomického potenciálu obou zemí především z odlišných

⁶ Chour, V. : Sanace velkých zbytkových důlních jam v Německu. EKO – ekologie a společnost, č. 3/2001, s. 16-23.

geologických a hydrogeologických podmínek těžených ložisek uhlí na severní německé a jižní české straně Krušných hor:

- zatímco v lužickém a středoněmeckém revíru v SRN vodohospodářská koncepce předpokládá obnovu vodního režimu v silně propustných zvodních na stav před zahájením těžby, tj. vyplnění prostoru depresních kuželů hladin podzemních vod vzniklých dlouhodobým čerpáním vody, v Podkrušnohorské pánvi nikdy nedošlo k tvorbě tak objemných, rozsáhlých a souvislých depresních kuželů, neboť většina hornin doprovázejících nebo prostorově vymezujících uhelná ložiska je charakterizována extrémně nízkou propustností
- převládajícím kritériem pro zatopení tuzemských jam byl požadavek na trvalé, nebo alespoň dočasné oddělení povrchových vod jezera od důlních vod těsněním kontaktu s uhelnou slojí, těsněním propustných nadložních materiálů a vytvořením protiváhy proti vztakovým silám důlních stařinových vod po naplnění podzemních kolektorů. Tato koncepce byla např. důsledně uplatněna v Dlouhodobém generelu rekultivací SHR, R-Princip Most z května 1995, ve zprávě VÚHU, a.s. „Upřesnění rozsahu stavebního těsnění v ploše C - vnitřní výsypka Most" ze září 1998 i jinde. Projekty těsnících vrstev stejně jako stabilita svahů aj. problémy související s báňskou problematikou a bezpečností rekultivačních projektů, jsou přitom v souladu s českým horním zákonem důsledně kontrolovány Báňským úřadem
- cílem tuzemských „mokrých“ variant rekultivace důlních jam není vždy dotace vod do podzemí. V případech dosud činných hlubinných dolů i pokračující těžby v některých sousedních povrchových lomech je naopak bezpodmínečně nutné zaplavení důlních děl podzemní vodou zabránit
- v Německu zatápění zbytkových jam v minulých asi pěti letech velmi pokročilo, zatímco termíny zahájení napouštění prvních tuzemských se oproti předpokladům z roku 1996 o několik let posunuly. Zbývá doufat, že i na některém z našich důlních jezer se brzy svezeme výletní lodí, tak jak je to možné na jezeře Cospuden. Pohledy ze zasklené paluby na světlounce modrozelenou hladinu, na jasně červenou bóji vyznačující polohu bývalého kostela jedné z obcí v hloubce přes 70 m a na takřka dokončené plážové úpravy břehů jsou velmi povzbudivé. Podle dostupných informací byly již minulé léto pláže a jezero zaplněny desítkami tisíc obyvatel především z asi 5 km vzdáleného Lipska
- při porovnávání rekultivací zbytkových jam v obou zemích může být zajímavé, že Němci velmi oceňují tuzemské zkušenosti a výsledky, nejvíce pak technicky náročné přemístění a záchranu děkanského chrámu v Mostě před pokračující těžbou uhlí a vybudování dostihového areálu a autodromu na výsypkách.