

Ing. Vladimír Dyk, VÚHU

Využití výpočetní techniky v hydrogeologické praxi v SHR

Úvod

Matematické metody a využívání výpočetní techniky pronikly v současné době již takřka do všech oborů lidské činnosti. Ne jinak je tomu i v hydrogeologii. Teoretické a metodické principy řady metod využívání výpočetní techniky v hydrogeologii jsou dnes již velmi důkladně rozpracovány. Avšak míra jejich praktického využití stále nedosahuje potřebné úrovně. Některé z metod jsou používány i v hydrogeologické praxi v SHR. Článek má za cíl seznámit širší odbornou veřejnost s dosavadními zkušenostmi v této oblasti.

Periodické sledování odvodňovacích soustav

Prvním - nejjednodušším a nejdéle používaným způsobem využití výpočetní techniky v SHR - je periodické sledování činnosti odvodňovacích soustav. Do praxe bylo zavedeno v roce 1975 pracovníky VTM a VÚHU. Důlní podniky, které provozují sledované odvodňovací soustavy (DVIL - Důl J. Šverma, VČSA; DLM - Lom Vršany) předávají požadované informace ke zpracování do VTM. Výsledkem zpracování je pak statistický přehled o čerpání na jednotlivých vrtech odvodňovacích soustav v měsíčních, čtvrtletních, pololetních a ročních periodách. Kromě údajů o čerpání (vydatnost, hloubka hladin, snížení aj.) jsou ve výstupech uváděny i technické údaje o nasazení čerpadel (doba provozu, prostoje, životnost, časové využití aj.).

V přehledné formě jsou tak uživatelům - vodohospodářům, hydrogeologům - k dispozici prakticky všechna fakta o činnosti

odvodňovacích soustav v revíru a to většinou do dvou týdnů po skončení sledovaného období. Použití výpočetní techniky v této oblasti přináší ten efekt, že výstupy jsou standartizované, přehledné, operativní, rychle dostupné a umožňují efektivní vyhodnocování a řízení odvodňovacích procesů.

Interpolační programy

Poměrně rozšířené je využití interpolačních programů pro konstrukci hydrogeologicky významných ploch. Hlavním cílem zavádění interpolačních programů do hydrogeologické praxe v SHR bylo zmechanizovat (zautomatizovat) hodnocení hranice odvodňovaných ploch v dobývacích prostorech (Haas, K., Šístek, V., 1983). Původní metodika - ruční interpolací zpracovávané mapy izolinií a řešení hranice odvodnění - se vyznačovala pracností, značným subjektivním přístupem a větší možností vzniku chyb. Tyto nedostatky zavedení metod výpočetní techniky z větší části odstranilo.

Prvními pracemi, využívajícími nové metody byly realizační výstupy - Haas, K., Kohoutová, J. (1982); Kohoutová, J., Haas, K., Šístek, V. (1987), které se zabývaly hodnocením stavu odvodnění kuřavek v dobývacím prostoru Dólu Kohinoor. Řešení této úlohy probíhá následujícím způsobem. Na základě vstupních dat jsou počítačem vytvořeny digitální modely požadovaných ploch (viz Haas, K., Šístek, V., 1983). V daném případě bývá jednou plochou hladina podzemní vody v zájmové oblasti, druhou pak plocha, pod kterou je třeba hladinu podzemní vody snížit. Touto plochou bývá v komořansko-slatinické oblasti v případě kolektoru podložních písků báze spodní uhelné sloje, v oblasti Dolu Kohinoor pak umělá plocha probíhající 1/3 mocnosti nadložních kuřavkových písků. V oblasti předpolí VMG, kde byla tato metoda

aplikována v poslední době, je kritériem odvodnění snížení hladiny podzemní vody na strop nejnižší, nejméně 3 m mocné polohy nadložních písků.

Porovnáním sobě odpovídajících bodů obou ploch v nepravidelném rastru získáme hranice území, ve kterých je splněna zadaná podmínka, tedy to, jestli je hladina podzemní vody v bodě o souřadnicích x a y níže než limitující plocha.

Konečným výstupem jsou pak izoliniové mapy zkoumaných ploch a grafické znázornění těch bodů pravidelného rastru, kde je splněna zadaná podmínka technického odvodnění (obr. 1).

Jak vyplývá z uvedeného, jsou interpolační metody v současné době využívány hlavně pro řešení odvodňování v komořansko-slatinické oblasti a v oblasti hlubinného Dolu Kohinoor. Snahou všech pracovníků, kteří se zaváděním interpolačních programů do praxe zabývali, je dovést tuto metodiku do stadia rutinní činnosti, aby bylo možné po aktualizaci vstupních dat provádět vyhodnocování odvodnění na jmenovaných lokalitách pravidelně, v potřebných intervalech. Tyto výsledky pak bude možné operativně využívat pro efektivnější řízení odvodňovacího procesu, zvláště pak pro stanovení a korekci parametrů odvodňovacích soustav.

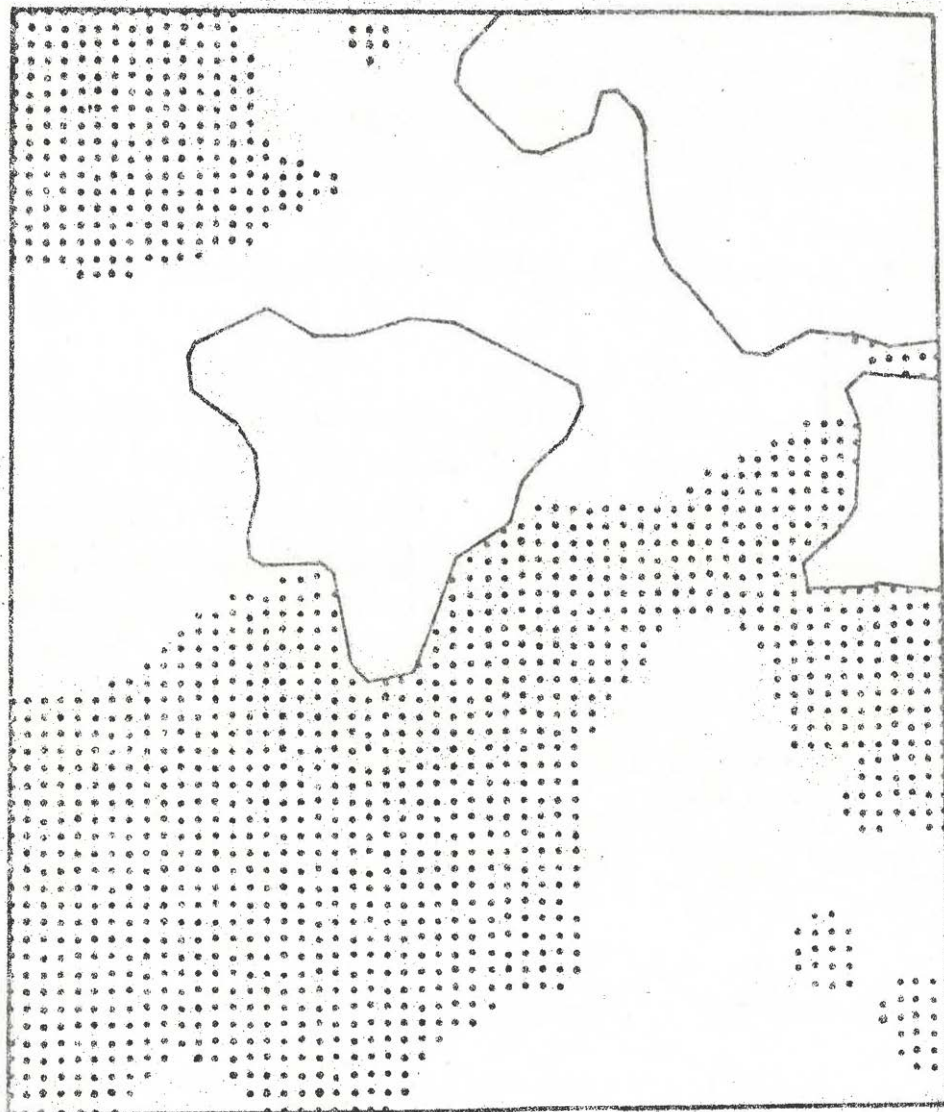
Matematické modelování filtračních procesů

Zatím nejvyšší formou využití výpočetní techniky v hydrogeologii v SHR je matematické modelování filtračních procesů, jehož se na území revíru začalo používat zhruba od roku 1984.

Prvním krokem při využívání těchto metod bylo zavedení hydraulických výpočtů podle programu TAFEGA II, zakoupeného Báňskými projekty v Teplicích od VEB BuS Welzon Grossräschen (NDR). Uvedený program je založen na numerickém řešení parciální diferenciální rovnice jednorozměrného nestacionárního tran-

Obr. 1 - Příklad počítačového výstupu s rozlišením
odvodněné a neodvodněné plochy v komořensko-
sletinické oblasti

. - bod se splněnou podmínkou odvodnění



zientního proudění podzemní vody v proudových pásmech

$$\frac{\partial}{\partial x} / b(x) \cdot T \frac{\partial h}{\partial x} / = b(x) (S \frac{\partial h}{\partial t} - w) \quad /1/$$

- kde x - délková souřadnice na ose proudového pásma (m)
 $b(x)$ - šířka proudového pásma jako funkce délky x (m)
 T - koeficient transmisivity ($m^2 \cdot s^{-1}$)
 S - bezrozměrný koeficient scortativity
 h - hydraulická výška hladiny podzemní vody (m)
 t - čas (s)
 w - infiltrace do zvodněného kolektoru přepočtená na rychlost infiltrace ($m \cdot s^{-1}$)

Jako příklad použití tohoto programu je možné uvést hydraulické řešení odvodňovacího systému ložiska Bylany - Haas K., Kohoutová J. (1985). Aplikace modelu jednorozměrného, nestacionárního proudění má své opodstatnění tam, kde je možné zanedbat zpravidla vertikální a boční složku rychlosti proudění vody. Zpracování dat pro tento typ modelu je pracné a náročné, se zvětšením modelovaného území pracnost úměrně narůstá. Proto se této metody využívá spíše pro řešení dílčích úloh.

Od roku 1986 je ve VTM k dispozici program pro modelování filtračních dějů a prognózu hladiny podzemní vody pomocí dvojrozměrného modelu. Jedná se o model využívající metody rozpracované v USA Trescottem P. C. v polovině sedmdesátých let, který byl v SHD zaveden a upraven pracovníky VTM za účinné pomoci útvaru MATEGEO s. p. Geoindustria Praha. První praktické výsledky byly získány při hodnocení hydrogeologických podmínek na Dole Kohinoor - Haas, K. et al. (1987). Základem postupu je finitně-diferenční metoda řešení parciální diferenciální rovnice

$$\frac{\partial}{\partial x} (k \cdot b \cdot \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k \cdot b \cdot \frac{\partial h}{\partial y}) = S_v \frac{\partial h}{\partial t} + W \quad /2/$$

kde $k(x, y)$ - koeficient filtrace izotropní, nehomogenní,
zvodněné vrstvy ($m.s^{-1}$)

$S_v(x, y)$ - specifická storativita zvodněného kolektoru
(bezrozm.)

$W(x, y, t)$ - dotace nebo odběr vody ze zvodněného systému
za jednotku času, vztažený na jednotkovou plo-
chu ($m.s^{-1}$)

$b(x, y)$ - mocnost zvodněného kolektoru (m)

x, y - kartézské souřadnice

t - čas (s)

h - hydraulická výška hladiny podzemní vody (m)

Při známých hodnotách hydraulických parametrů lze řešením této rovnice provádět prognózu pohybu piezometrické výšky pro $t > t_0$ v závislosti na čerpacím procesu, známe-li počáteční distribuci $h(x, y, t_0)$ a příslušné okrajové podmínky.

Této metody se v SHD využívá pro modelování filtračních dějů v poměrně rozsáhlých oblastech (jednotky až desítky km^2), kde se uplatňují čerpací procesy (odvodňování) a kde jsou k dispozici potřebné hydrogeologické vstupní údaje. Dvourozměrný model byl doposud použit na třech lokalitách pro tři odlišné hydrogeologické celky - v oblasti Dolu Kohinoor pro nadložní kuřavkové písky, pro strukturu teplického ryolitu a pro kolektor podložních písků v oblasti výhledového Lomu J. Šverma-západ.

Práci s modelem lze stručně popsat takto: zkoumané území se pokryje rastrem (finitně-diferenční mřížkou), jehož elementy mají rozměry odpovídající zvolenému měřítku a hustotě vstupních dat v daném území. Používá se obyčejně pravidelná síť,

nejčastěji s čtvercovými elementy. Na základě údajů o plošné distribuci geologických a hydraulických parametrů - báze, strop kolektoru, piezometrická úroveň hladiny a koeficient filtrace nebo transmisivita - které máme k dispozici obvykle ve formě izoliniových map, provádíme diskretizaci. To znamená, že interpolací získáváme pro každý střed elementu mřížky konkrétní hodnotu parametru a vztahujeme ji na celý čtverec.

Protože model musí být prostorově uzavřen, zadáváme jeho hranice různými okrajovými podmínkami, které se nejvíce přibližují skutečnosti - nepropustná hranice, hranice se stálou hladinou podzemní vody, hranice se zadaným průtokem podzemní vody apod.

Rovněž čerpací objekty - odvodňovací centra, která ovlivňují sledovaný kolektor, se simulují jako odběr vody v některých bodech rastru.

Důležitým momentem celého postupu je verifikace - odladění modelu tak, aby v co největší míře charakterizoval skutečnost. V našich případech obvykle porovnáváme pohyb hladiny podzemní vody modelu s pohybem ověřeným režimním sledováním. Tento krok je pro funkci modelu velmi důležitý, ale i časově náročný. Důvodem je i to, že v tomto momentu se projevuje kvalitá zadávaných hydrogeologických údajů. Tyto údaje jsou v různých částech modelovaného území zjištěny s různou hustotou, mají rozdílnou kvalitu a v některých místech je třeba tyto hodnoty doplňovat extrapolací, interpolací nebo i kvalifikovaným odhadem.

Po odladění modelu je možné přistoupit k řešení konkrétních úloh. Postup je závislý na dané úloze. Pro ilustraci uvádíme stručnou charakteristiku řešených problematik na jednotlivých lokalitách SHR.

Struktura teplického ryolitu

Modelováním hydrogeologických procesů v této struktuře se zabývají již od let 1983-84 pracovníci s.p. Geoindustria Praha - V. Václavek, J. Laštovka 1984. Jedná se tedy o jedny z prvních prací na území SHR. Problematika režimu podzemních vod v této struktuře je značně složitá a matematické modelování je jednou z cest k pochopení zákonitostí proudění podzemní vody v tomto území. Modelováním bylo dosaženo řady výstupů - modelu současného hydrodynamického ustáleného režimu svrchního kolektoru s výstupy terem; modelu původního režimu před průvalem termálních vod na Dole Döllinger v r. 1879; modelu hydrodynamické zkoušky z Obřího pramene, prováděné v r. 1983 a modelu samotného průvalu na Dole Döllinger v r. 1879.

Model je v současné době upřesňován o data, získaná při posledních průzkumných pracech a v dohledné době bude vydána aktualizovaná verze.

Oblast hlubinného Dolu Kohinoor

Oblast hlubinného Dolu Kohinoor byla první, kde bylo uvedené modelování filtračních procesů pracovníky SHD využito - Haas, K. et al. 1987. Jednalo se o pokus získat alespoň orientační představy o dalším trendu vývoje odvodňovacího procesu v severovýchodním poli Dolu Kohinoor v kolektoru nadložních kuřavkových písků. Odvodňování v severovýchodním poli bylo zahájeno v r. 1986, avšak oblast byla pod vlivem okolních odvodňovacích objektů, které jsou v provozu již delší dobu. Proto byla v podstatě provedena rekonstrukce tvorby depresní kotliny v minulosti s tím, že činnost okolních odvodňovacích objektů byla simulována vhodnými okrajovými podmínkami ($h = f(t)$). Počítačová rekonstrukce byla verifikována se současným skutečným stavem a po dosažení dostatečné shody mohlo být přistoupeno

k prognózování. Byla vydána střednědobá prognóza vývoje hladiny a množství čerpané vody, nutné k udržení zadaných hodnot hladiny. Rovněž byly získány údaje o dotaci sledovaného území z dosud neodvodněných sousedních oblastí.

Oblast výhledového Lomu J. Šverma - západ

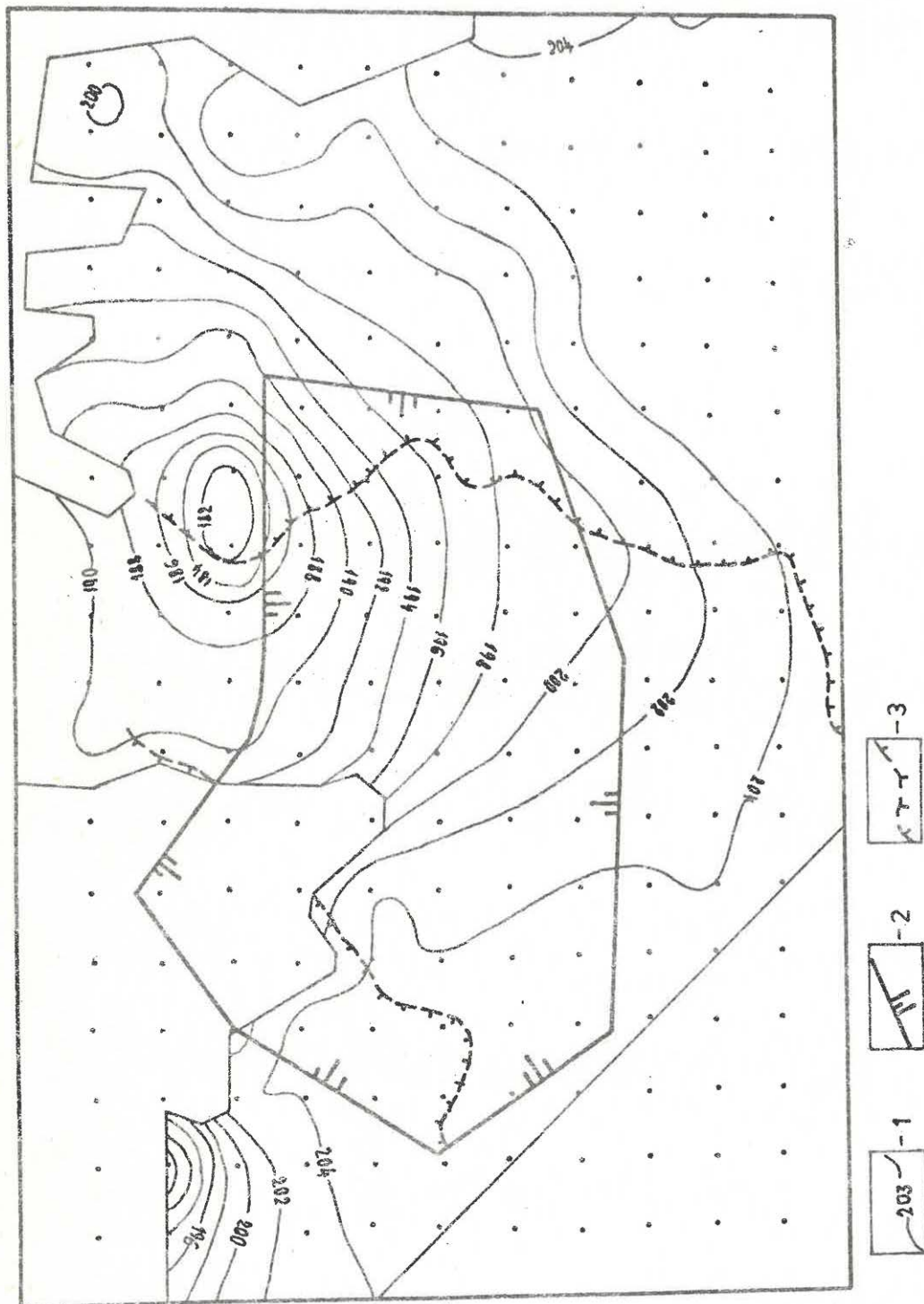
Modelování v této oblasti (Dyk, V., Němec, V. 1988) bylo aplikováno na kolektor podložních písků, jehož vysoká výtlačná výška je v této oblasti faktorem limitujícím plánovanou těžbu. Jednalo se o poměrně rozsáhlou oblast - cca 48 km². Modelováním bylo třeba postihnout ovlivňování režimu kolektoru významnými čerpacími centry v zájmovém území - odvodňovacími bariérami Lomu J. Šverma a Vršany. Na základě znalostí o dosavadním průběhu poklesu hladiny byly vypracovány dlouhodobé prognózy vývoje hladin pro roky 1989, 1996, 1999 a 2002 (viz obr.). Tyto časové horizonty charakterizují předpokládané významné změny v čerpacím procesu vyzvané zahájením těžby Lomem J. Šverma - západ. Dalším významným výsledkem bylo orientační zjištění potřebného čerpaného množství vody pro snížení hladiny pod dno zamýšleného lomu. Získané výsledky mají sice orientační charakter vzhledem k dlouhodobosti prognózy a ke kvalitě výchozích materiálů, avšak jsou jedinou možností, jak se přiblížit k hydrogeologickým podmínkám na lokalitě v době zahájení těžby.

Závěr

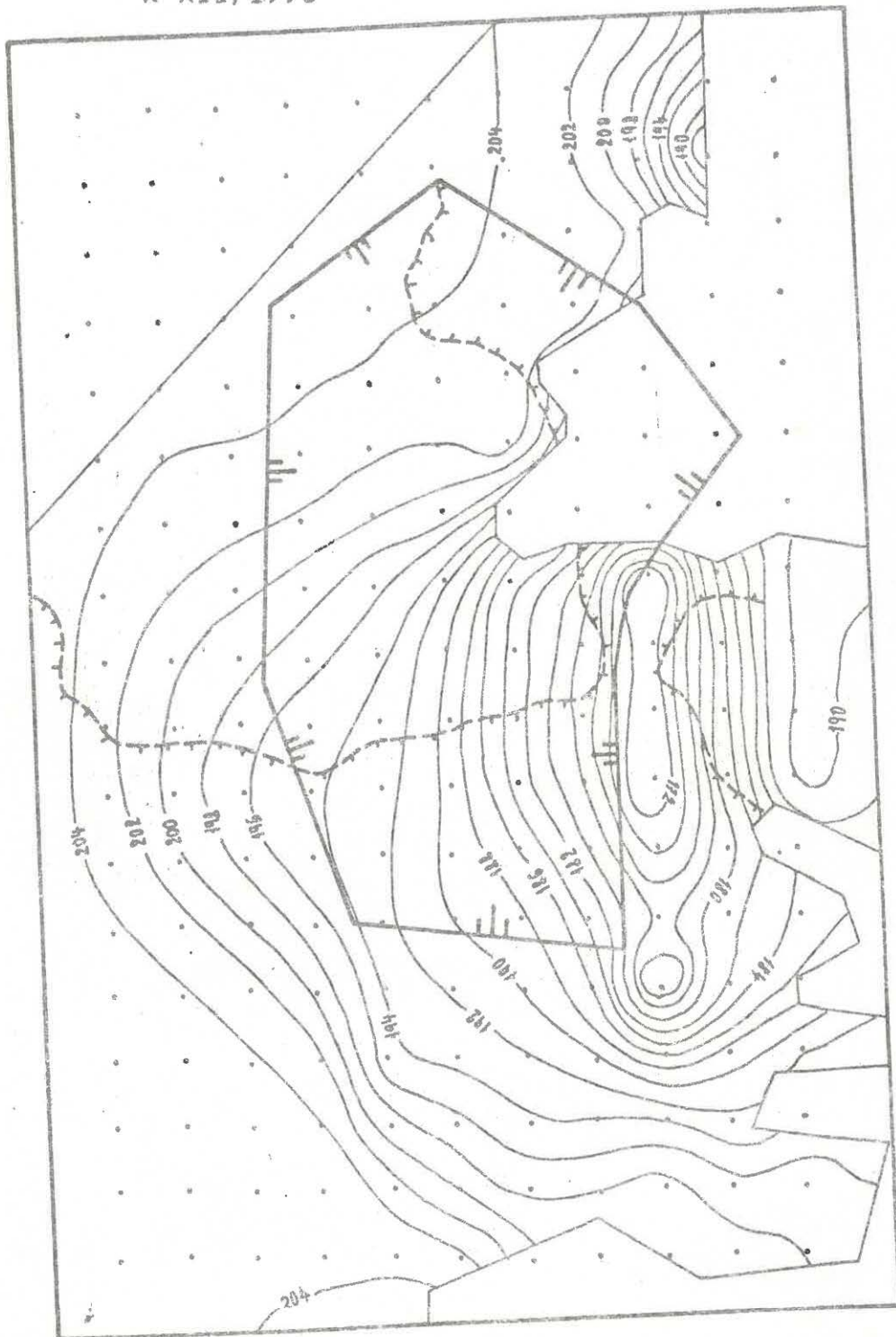
Výpočetní technika má své, dnes již nezastupitelné, místo i v hydrogeologii. Usnadňuje práci s poměrně rozsáhlými soubory dat (sledování odvodňovacích soustav), zastupuje namáhavou mechanickou práci (interpolační programy) a umožňuje i výpočty,

Obr. 2a- Příklad počítačových výstupů při prognózování
hladiny kolektorů podložních písků v poli
J. Šverma-západ

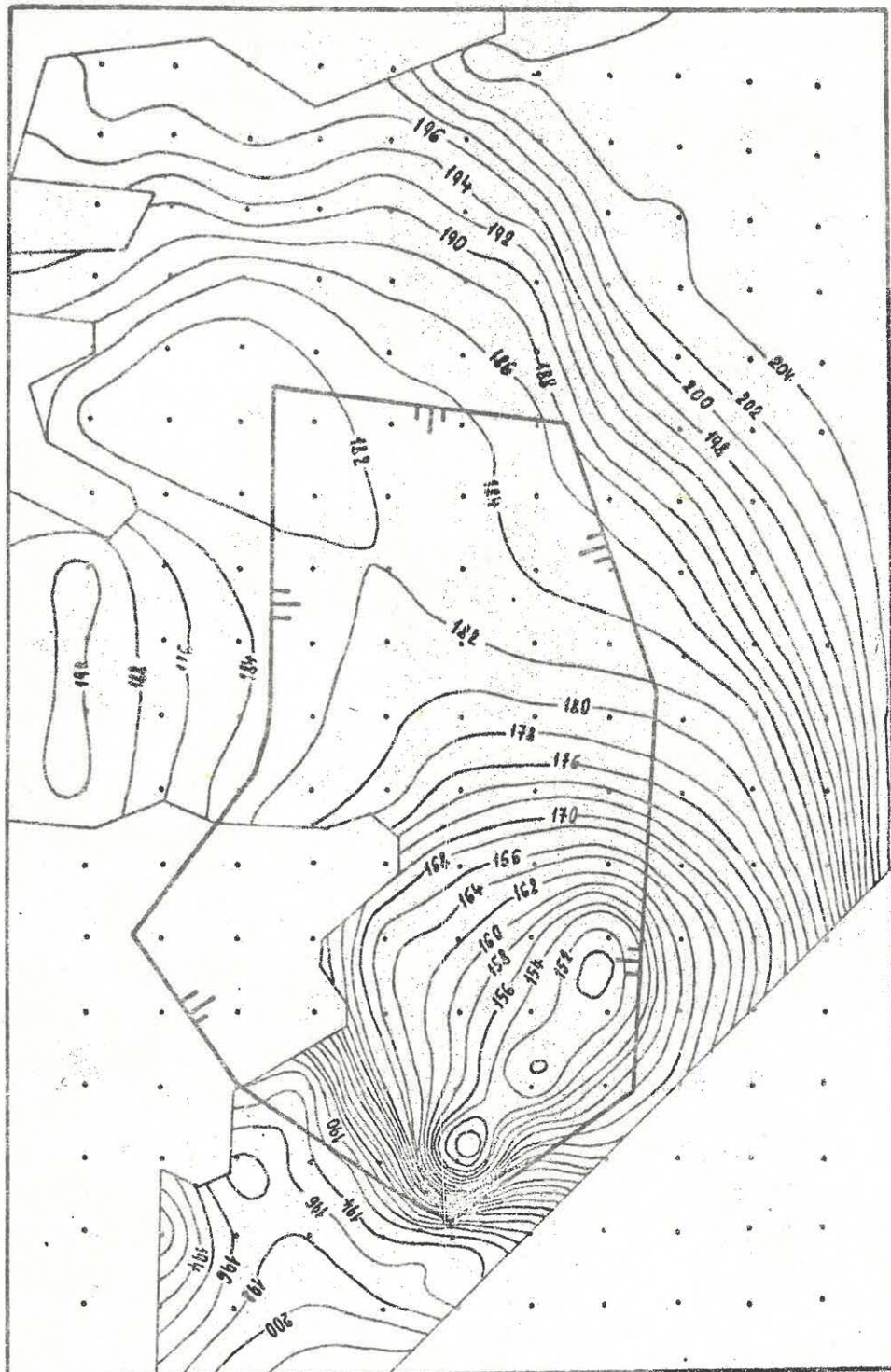
k I/1988



Obr. 2b - Příklad počítačových výstupů při prognózování
hladiny kolektoru podložních písků v poli J. Šver-
ma-západ
k XII/1996



Obr. 2c - Příklad počítačových výstupů při prognó-
zování hladiny kolektoru podloží písků
v poli J. Šverma-západ
k XII/2002



které si bez použití počítače lze jen těžko představit (prognó-
zování vývoje hladin).

V rámci SHD byly tedy podniknuty první kroky pro využití
výpočetní techniky a je třeba, aby bylo využito i ostatních
možností, které se již v současné době nabízejí.

S h r n u t í

Článek informuje o využití výpočetní techniky v oblasti
hydrogeologie v severočeském hnědouhelném revíru. Jsou popsá-
ny výsledky ve třech hlavních oblastech využití - při perio-
dickém sledování odvodňovacích soustav, při interpolování
hydrogeologicky významných ploch a při modelování filtračních
procesů. Jsou zde uvedeny příklady z oblasti modelování na
třech různých lokalitách SHR.

Р е з ю м е

Применение вычислительной техники в области гидрогеологии в СВБ

Статья информирует о применении вычислительной техники в
области гидрогеологических исследований в Северочешском буро-
угольном бассейне. Приведены результаты в трех основных областях
применения вычислительной техники - при периодическом наблюде-
нии за деятельностью осушительных систем, при интерполяции
гидрогеологически значительных поверхностей и при моделировании
фильтрационных процессов. Приводятся примеры моделирования на
трех различных участках СВБ.