

# Ložisková hydrogeologie

## IV. Přítoky důlních vod do díla a jejich výpočet

# Vliv způsobu hlubinné otvírky na přítoky podzemních vod

Jsou možné dva hlavní způsoby postupu otvirkových a důlních prací.

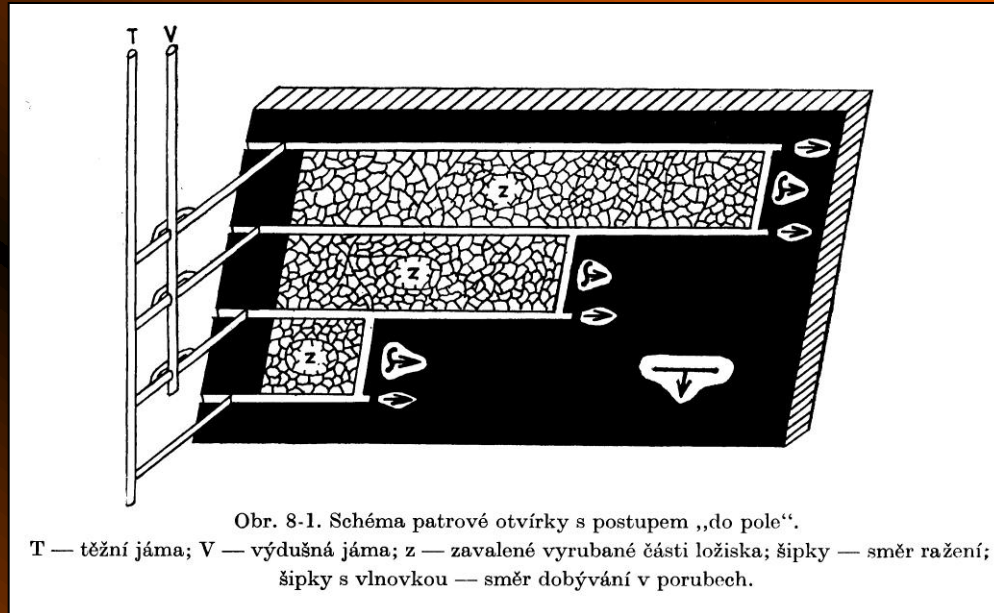
- a) postup „*do pole*“
- b) postup „*z pole*“

# Postup „do pole“

Po zřízení *úvodních děl* se vyrazí v ložisku nejdříve *otvírkové chodby*. Z otvírkových chodeb se razí *přípravné chodby*, které vymezují jednotlivé *dobývací bloky* v ložisku. Dalším systémem chodeb se dobývací blok rozčlení na jednotlivé *poruby*.

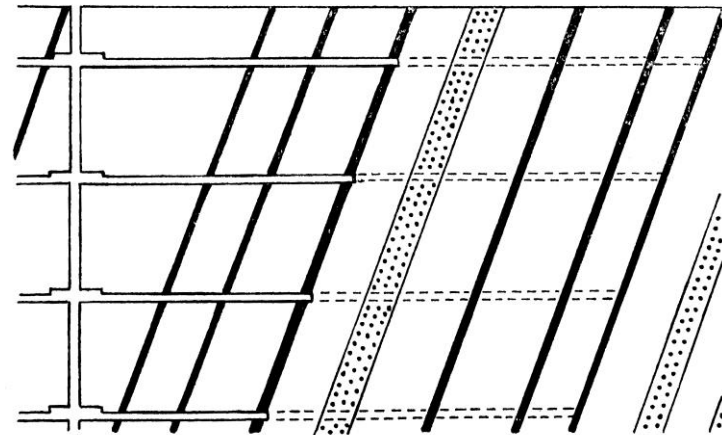
-umožňuje zahájit těžbu s poměrně malými investicemi a poměrně brzo po ukončení výstavby úvodních důlních děl

-z hg hlediska je tento postup výhodný tehdy, jsou-li okraje důlního pole silněji zvodněné, než jeho střed (max. přítoky nastávají až v konečných etapách důlní činnosti – úspora peněz)



# Postup „do pole“

Otvírají-li se postupem „do pole“ skupiny ukloněných ložiskových těles, mezi nimiž je silně zvodněná vrstva, lze otvírku a těžbu omezit po určitou dobu jen na ložisková tělesa v nadloží zvodněné vrstvy a tak dočasně zabránit zvýšení přítoků.

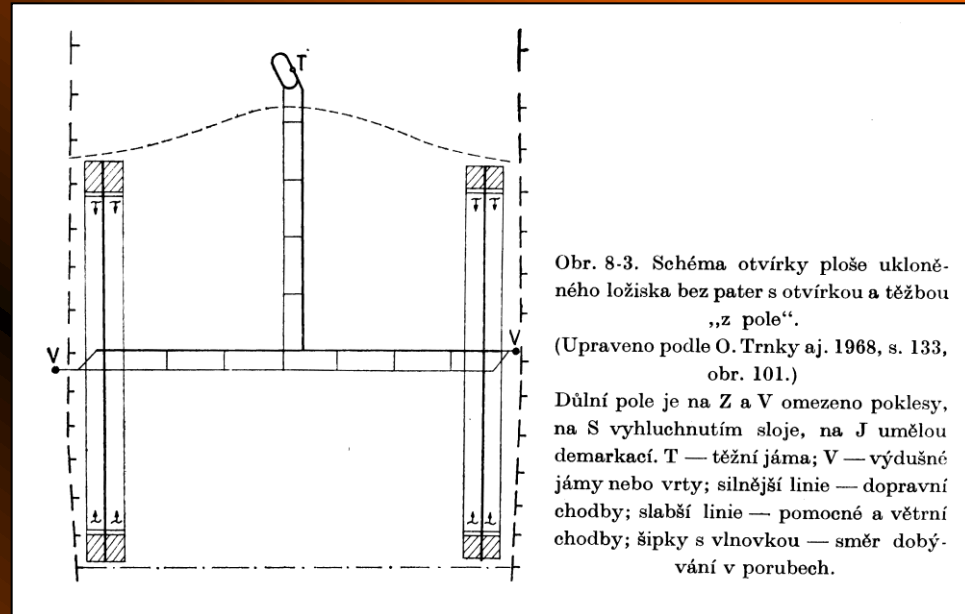


Obr. 8-2. Možnost dočasného omezení přítoků podzemních vod do dolu při patrové otvírce. V první etapě otvírky a těžby, vyznačené plnými obrysy, se dobývá jen v nadloží zvodněného obzoru, později, ve druhé etapě (čárkovaně) i v jeho podloží.

# Postup „z pole“

Při tomto postupu se nejdříve vyrazí hlavní otvirková díla až k hranicím důlního pole, popř. i kolem něho. Poté se vyrazí přípravné chodby omezující jednotlivé dobývací bloky a v nich poruby. Těžba poté začíná u demarkace (na okraji díla) a postupuje se zpět k úvodním dílům.

Na rozdíl od postupu „do pole“ je zde otevřená (rozfáraná) plocha ložiska konstantní, stálá je i tvar a poloměr drenážního komplexu, který důl představuje. S růstem plochy vytěžených a zavalených prostor se mění pouze vlastnosti jednotlivých odvodňovacích úseků.



# Postup „z pole“

- výhodný hlavně u ložisek doprovázených v celém důlním poli nebo v jeho převážné části stejnoměrně zvodněnými horninami
- nevýhodný je pokud horniny na okraji ložiska mají vyšší tlak vody nebo jsou více zvodněné než horniny ve střední části
- nebezpečí průtrže stařinových vod v vytěžených bloků, zvláště leží-li vnitřní část důlního pole níže, než jeho okrajové části

# Přítoky podzemních vod do jednotlivých druhů hlubinných důlních děl

Úvodní důlní díla

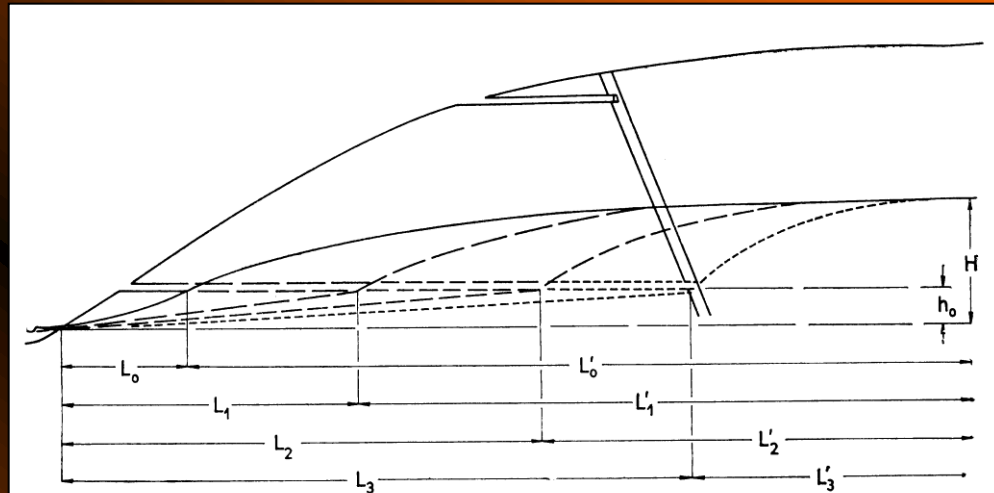
Otvírková důlní díla

Přípravná důlní díla

Vodorovná, svislá, šikmá důlní díla

# Úvodní důlní díla - štoly

- umožňují samospádné odvádění vody na povrch
- ponechává se trvalá a neomezovaná drenážní fce (jámy se odvoňují většinou jen po dobu hloubení, po ukončení hloubení se opatřují vodotěsnou výstuží a odvodňování se přerušuje)
- v určité vzdálenosti od ústí dosahuje štola volnou HPV, ražení štol postupuje značně pomaleji než šíření depresní kotliny – malý hydraulický spád, velikost celkových přítoků vzrůstá s délkou štoly mírně

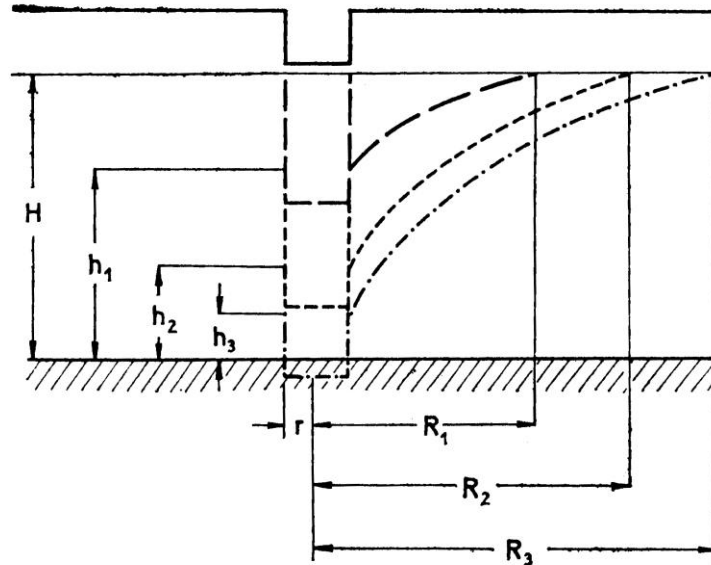


Obr. 8-4. Vývoj depresní kotliny v obzoru s volnou hladinou při postupujícím ražení štoly.  
 $H$  — výška přírodní ustálené hladiny;  $h_0$  — výškový rozdíl dna štoly a místní odvodňovací báze;  
 $L_0$  až  $L_3$  — vzdálenost mezi místní odvodňovací bází a čelbou štoly v jednotlivých stádiích ražení;  
 $L'_0$  až  $L'_3$  — vzdálenost mezi čelbou štoly a okrajem vzniklé depresní kotliny v jednotlivých stádiích ražení.

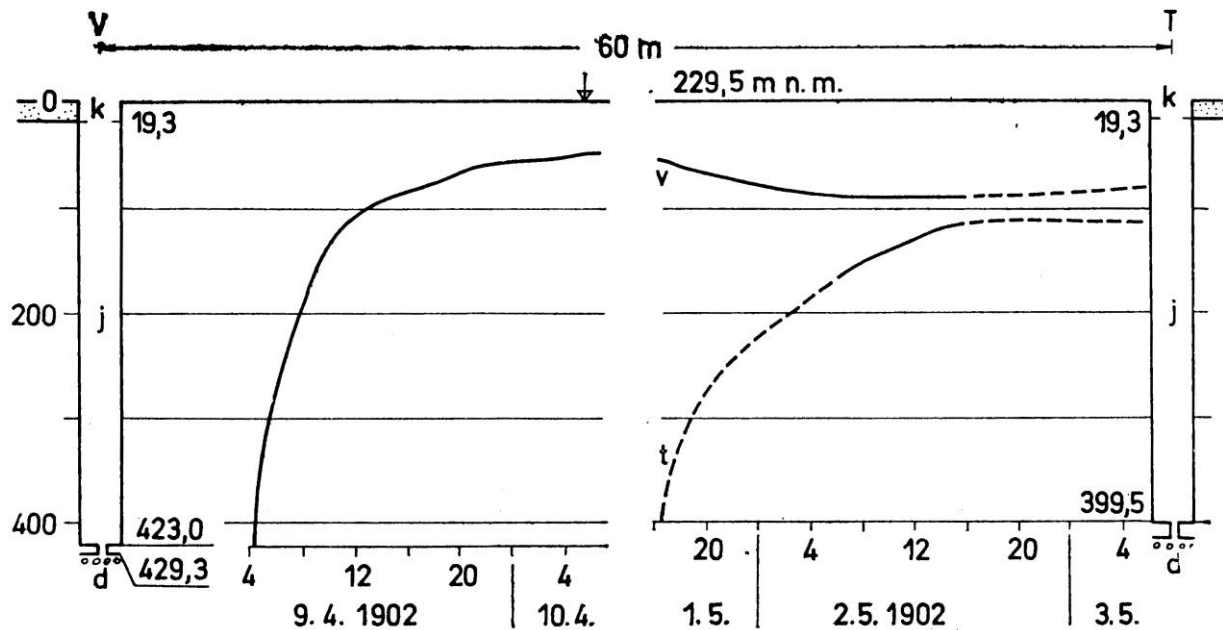


# Úvodní důlní díla - jámy

- stvol jámy prochází nejdříve nádrží podzemní vody s volnou hladinou, depresní kotlíky a přítoky se plynně odvádějí.
- voda vniká do jámy a později i spodní voda v obzoru nezaplněném hydraulicky spojeném s jámou. Hodnoty – riziko.
- ve větších hloubkách procházejí obvodovou vodou – riziko o průřezové ploše zapsané vydatnosti až 500 l/s, v černouhelných dolech v podmoskevské pánvi při naražení krasových dutin až 1000 l/s)



Obr. 8-5. Vývoj depresní kotliny při hloubení jámy v obzoru s volnou hladinou.  $H$  — ustálená přírodní hladina;  $h_1$  až  $h_3$  — výška hrany pramenní plochy v hloubení nad nepropustným podložím;  $R_1$  až  $R_3$  — poloměry depresních kotlin odpovídající dynamickým úrovním  $h_1$  až  $h_3$ ;  $r$  — poloměr jámy.

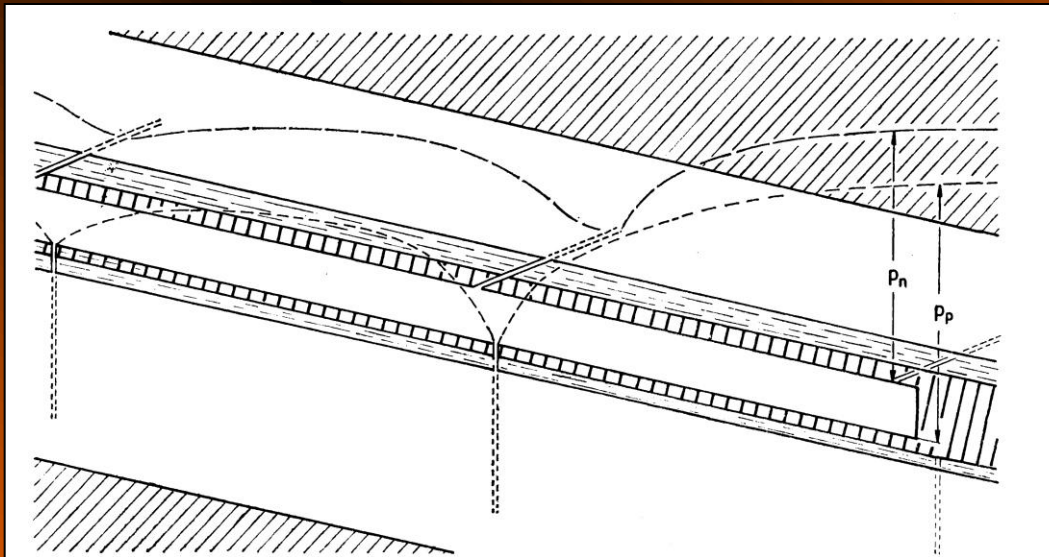


Obr. 8-6. Neočekávaný průval z vrtu do výdušné jámy (vlevo) a úmyslně vyvolaný průval do těžní jámy Bedřich (vpravo) v Ostravě-Zábřehu v r. 1902. (Upraveno podle H. Drolze, 1930, s. 182.)

k — kvartérní terasa a spraše; j — vápnitý jíł, baden; d — bazální klastika („detrit“), baden; t — nástup hladiny v těžní jámě; v — pohyb hladiny v zatopené výdušné jámě, způsobený průvalem do těžní jámy, V — větrná jáma, T — těžní jáma.

# Úvodní důlní díla – úklonné jámy

- obecně platí to samé co u jam svislých
- úklonné jámy (úpadnice) se v mocném ložisku razí přibližně uprostřed, u málo mocných ložisek pokud je v nadloží zvodněná vrstva se ponechává tzv. *ochranná lávka*
- po určité době tvorba *samovolných trhlinek*

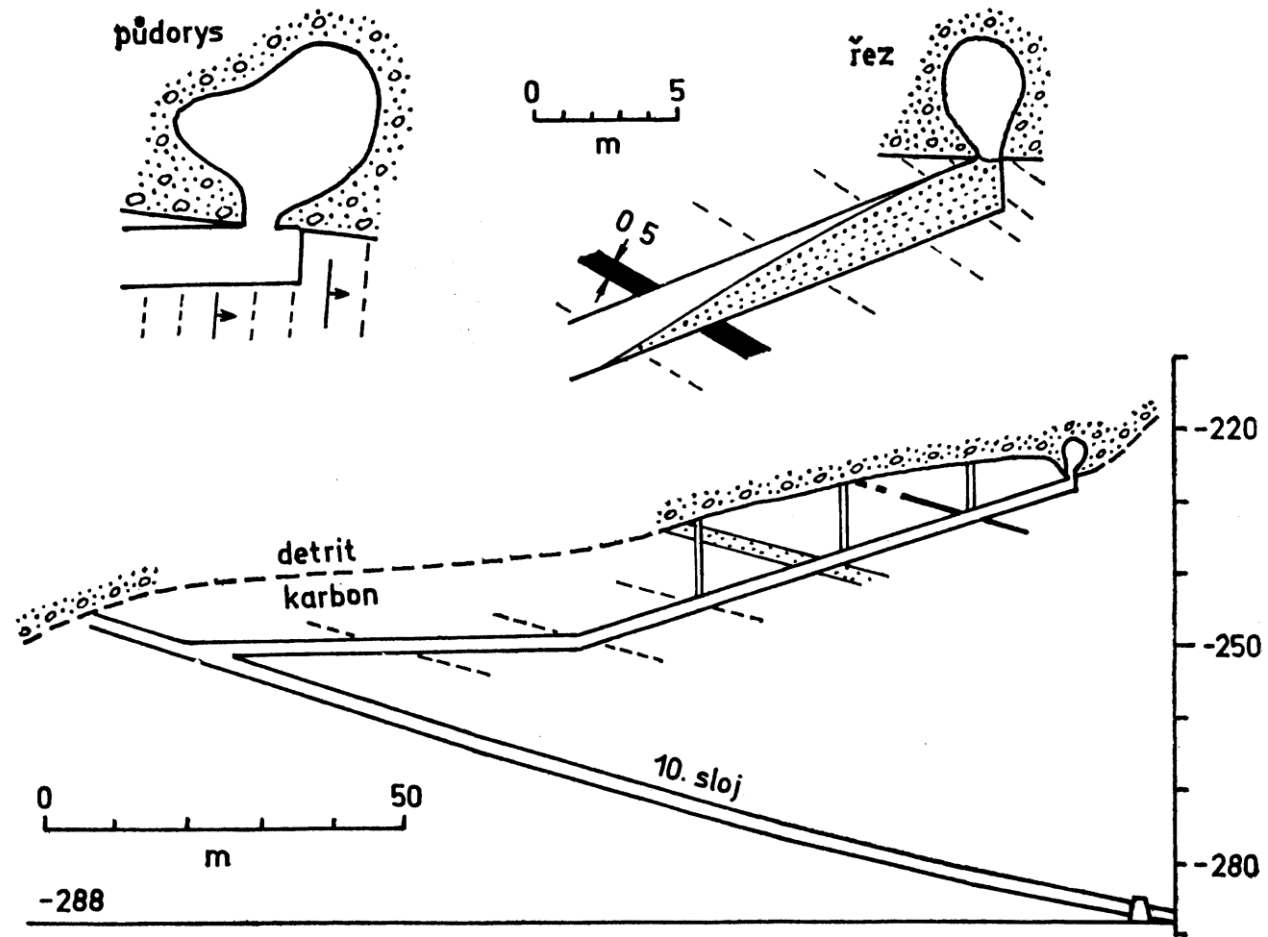


Obr. 8-7. Ražení úklonné úpadní jámy v ložisku s ponecháním ochranných lávek nerostu ve stropu a v počevě a s odvodňováním nadloží i podloží zavrtávanými filtry.

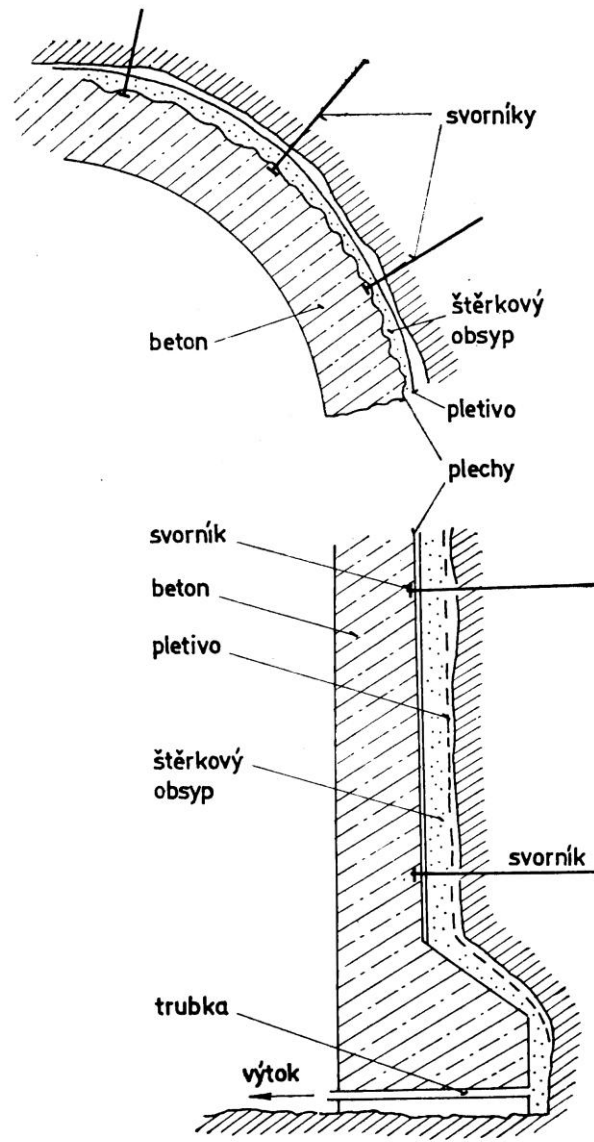
Dlouhé čárky — v levé části obrázku volná, v pravé části napjatá vodní hladina nadložního zvodněného obzoru; krátké čárky — napjatá výtláčná hladina podložního obzoru;  $p_n$  — tlak na strop úpadnice v okamžiku vrtání dalšího dovrešního vrtu;  $p_p$  — tlak na počevu úpadnice v okamžiku vrtání dalšího vrtu do podloží. Silněji zavrtávané filtry v činnosti, slaběji zavrtávané filtry projektované.

# Otvírková důlní díla

- spojují úvodní díla s úseky ložiska, v nichž se ložisko dobývá
- subhorizontální chodby se spádem k hlavní čerpací stanici, která se obvykle zřizuje u hlavní těžní jámy
- pokud je ložisko ukloněno – úklonné otvírkové chodby
- často plní drenážní fci po celou dobu životnosti ložiska
  
- razí se buďto v jalovině nebo přímo v ložisku
- od úvodních děl se razí do neovlivněného, jinými důlními díly neotevřeného důlního pole
  
- zvodněné obzory v hloubkách mají skoro vždy tlakový režim: a) s doplňováním infiltrací  
b) bez doplňování
  
- průvaly jsou vydatnější a setrvalejší nežu otvírkových děl následkem vyšších tlaků vody a větší rozlohy ovlivněné oblasti
- zvláště nebezpečné průvaly nastávají při naražení bazálních klastik transgresivní série, která spočívá na členitém diskordantním podloží (v minulosti často na Ostravsku)



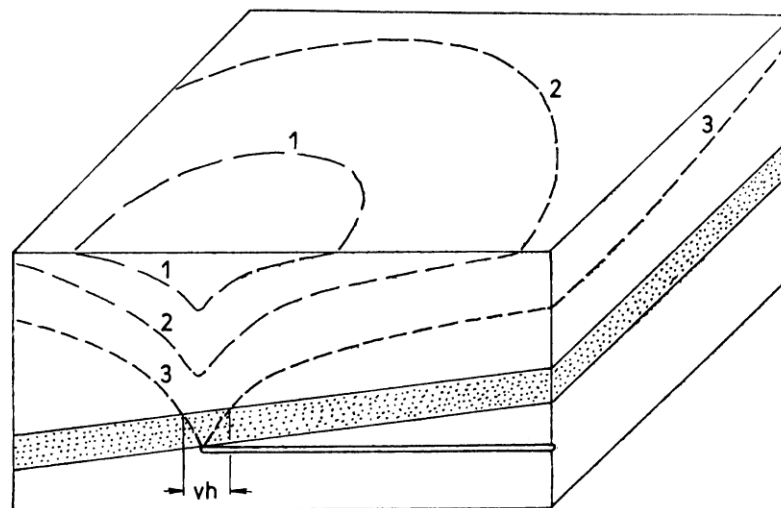
Obr. 8-13. Průval vody a plynu spojený se vznikem dutiny v nezpevněném diskordantním nadloží na Dole J. Fučík v ostravsko-karvinském revíru v r. 1942. (J. Pišta, 1962, s. 162.)



Obr. 8-8. Schéma vodotěsné výztuže s trvalou drenáží za výztuží. (Podle materiálů GP UP, Hamr u České Lípy.)

# Ploše uložená zvodněná vrstva s tlakovým režimem

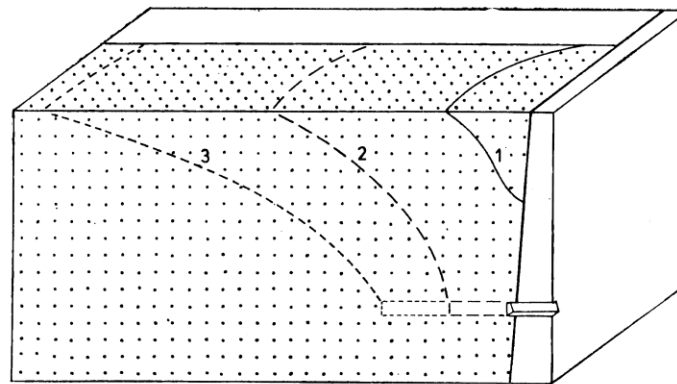
- poloměr ovlivnění  $R$  postupně vzrůstá, klesá hydraulický spád  $I$  a vydatnost průvalu se postupně zmenšuje
- ve zvodněné vrstvě se postupně vytvoří zóna s volnou hladinou



Obr. 8-10. Vývoj depresní kotliny při bodovém naražení ploše ukloněného zvodněného obzoru horizontálním důlním dílem. 1 až 3 — stadia vývoje depresní kotliny;  $vh$  — oblast volné hladiny v obzoru ve třetím stadiu vývoje depresní kotliny.

# Strmě ukloněná zvodněná vrstva

- nad úrovní průvalového místa vzniká rychle depresní kotlina s volnou HPV, přítok tedy slábne rychleji, než v předchozím případě
- pokračuje-li se s ražením po průvalu ve směru vrstvy, vznikne v nadloží díla mezi místem průvalu a čelbou osušená oblast, z ní přitéká jen to množství vody, které na povrchu infiltruje ze srážek
- růst celkového přítoku se s prodlužováním důlního díla zpomaluje, specifický přítok se tedy zmenšuje



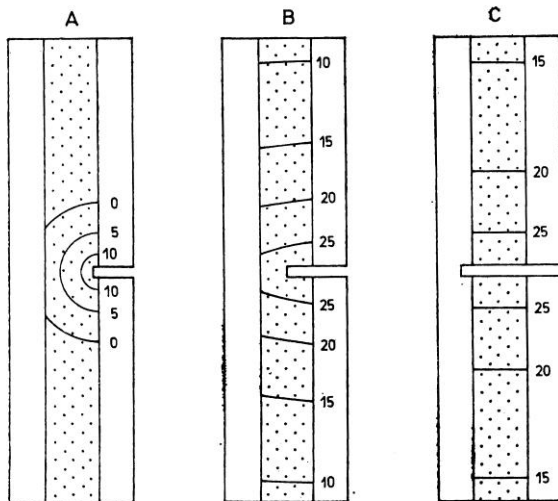
Obr. 8-11. Vývoj depresní kotliny při postupujícím ražení směrného důlního díla ve strmě ukloněném zvodněném obzoru. 1 až 3 — vývoj depresní kotliny při postupujícím ražení díla.



# Strmě ukloněná zvodněná vrstva – ražení kolmo na její směr

- obdoba předchozího případu
- liší se tím, že délka díla může dosáhnout jen určité konečné, maximální hodnoty dané výrazem

$$l = \frac{m}{\sin \varphi \cdot \sin \varepsilon}$$



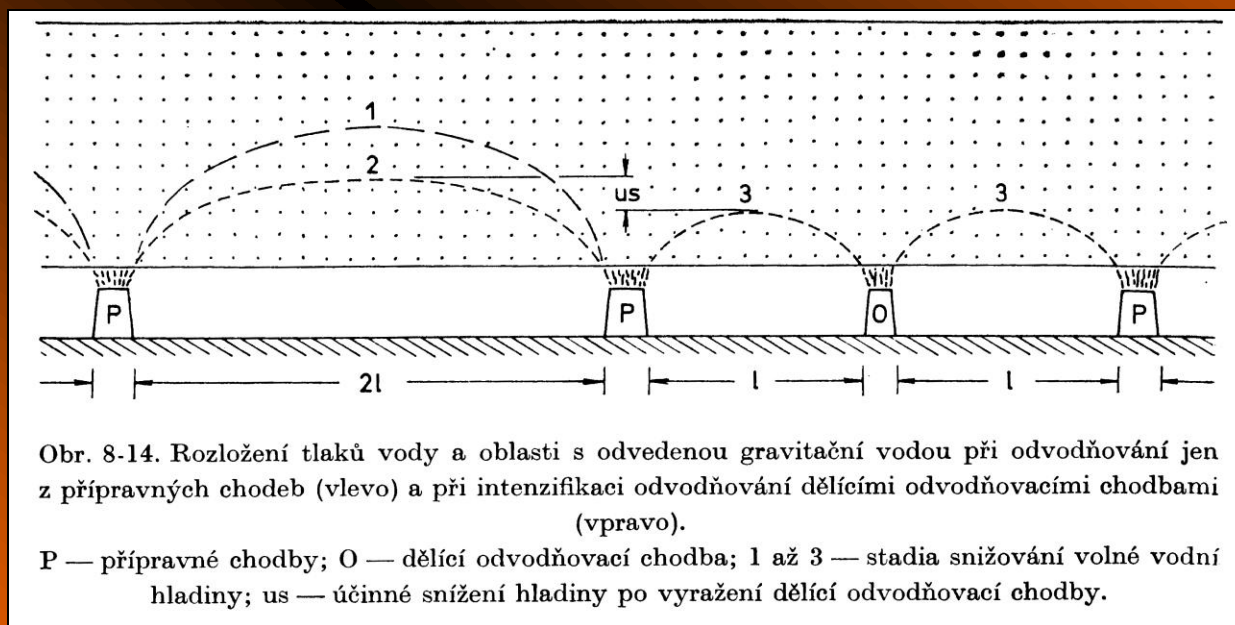
Obr. 8-12. Vývoj depresní kotliny při postupujícím ražení horizontálního důlního díla napříč strmě ukloněným zvodněným obzorem.

A až C — mapy hydroizohyps pro různou délku důlního díla vyraženu ve zvodněném obzoru.

- $l$  – délka vodorovného díla ve zvodněné vrstvě
- $m$  – mocnost zvodněné vrstvy
- $\varphi$  – úklon zvodněné vrstvy
- $\varepsilon$  – odchylka směru důlního díla od směru vrstvy

# Přípravná důlní díla

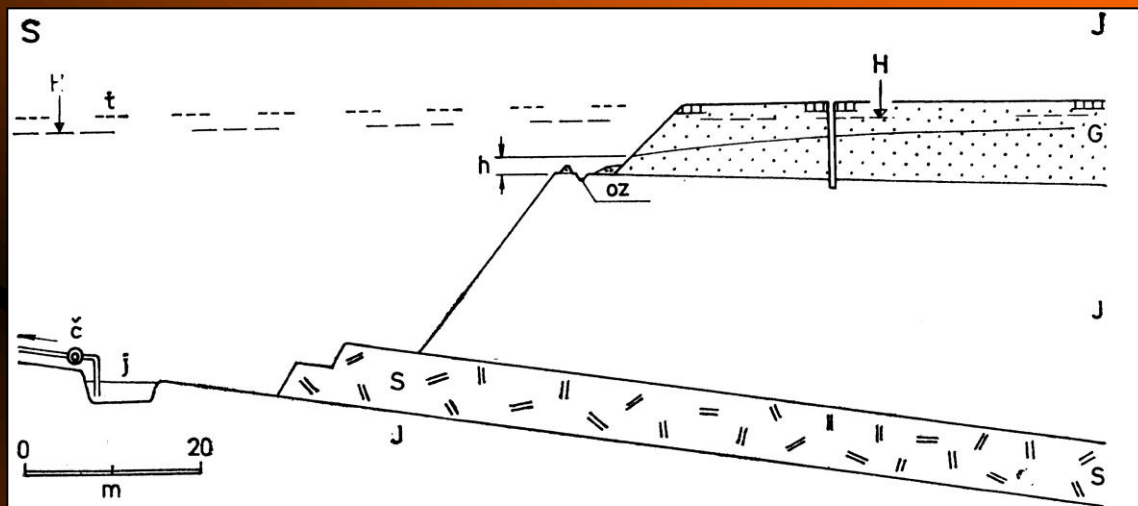
- razí se přímo v ložiskovém tělese
- přítoky mohou nastat jen v případech, je-li ložisková výplň propustná a zvodněná, nebo pokud se přípravné dílo dotýká okolních zvodněných hornin
- nemohou se vyhnout zvodněné části ložiska, se zvodněním se musí vypořádat za každých okolností



# Přítoky vod do povrchových dolů a lomů

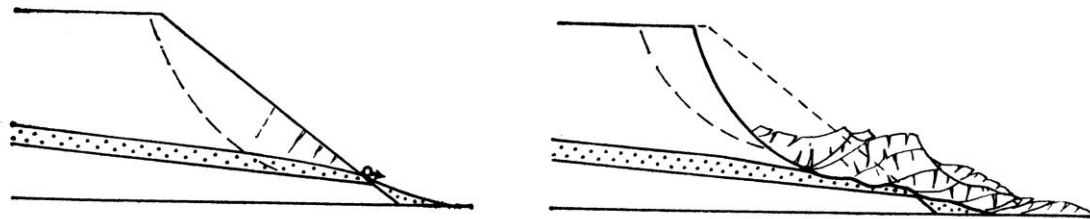
- odvodňování není tak technicky náročné jako u hlubinných dolů
- zásahy do hg režimu a vodní bilance celé hg struktury jsou však intenzívnější než u hlubinných dolů
- nebezpečí snížení soudržnosti a překročení pevnosti hornin ve smyku – vznik svahových skluzů a sesuvů
- přítoky sestávají ze tří složek:
  - a) vody z povrchových toků
  - b) atmosférické srážky
  - c) podzemní voda





Obr. 9-1. Odvodňování glacifluviálních štěrkopísků s volnou vodní hladinou do zářezů na první skrývkové plošině. Koberice u Opavy. (V. Homola.)

t — původní úroveň terénu; oz — odvodňovací zářez; j — vodní jímka; č — čerpadlo; G — glacifluviální štěrkopísky, kvartér; J — vápnité jíly, torton; S — sádrovcové ložisko, torton; H — původní hladina, h — úroveň dynamické hladiny na řezu.



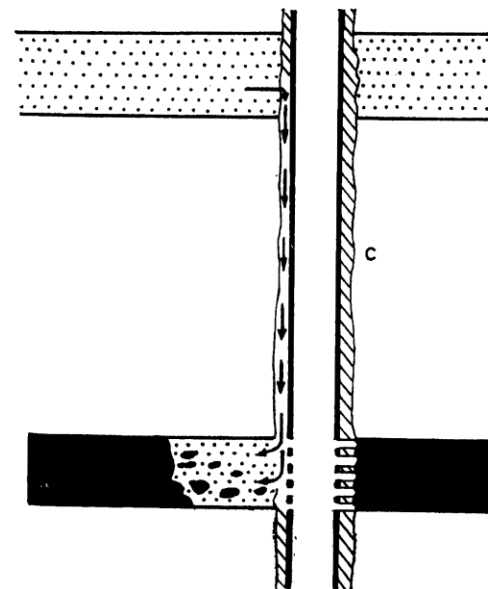
Obr. 9-2. Vynášení tekoucího písku v čele skrývkového řezu s následujícím poklesáním a trháním nadloží (vlevo), jež vede k sesuvu podle válcové plochy (vpravo).

- sesuv násobí destrukci jak výše, tak níže ležících skrývkových i ložiskových řezů a plošin
- obnovení stability postižených řezů je velmi nákladné a dlouhodobé, často se postižená část důlního pole opustí a zásoby se odepíší

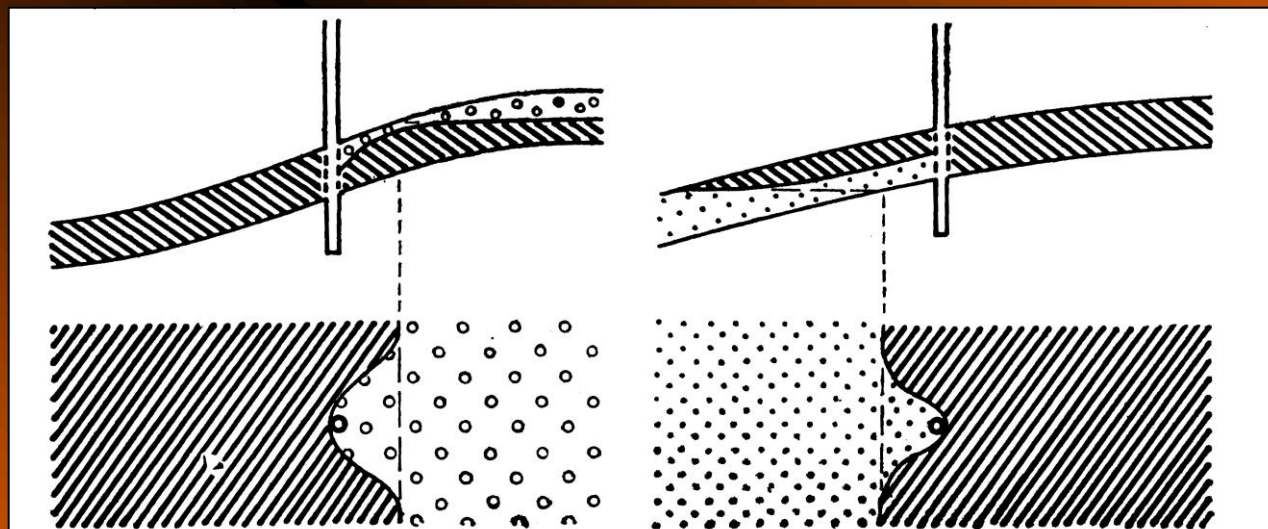
# Pohyb podzemních vod při těžbě ložisek kapalných a plyných uhlovodíků

- těžba se provádí výlučně vrtly
- je třeba dávat pozor na utěsnění pažnic proti horninám ve stěně vrtu – nebezpečí odtlačování ropy, únik ropy do mezikruží, popř. erupce plynu na povrchu

Obr. 10-1. Odtlačování ropy v kolektoru od vrtu vodou proniklou z nadložního obzoru vinou nedostatečné hermetizace pažnic proti stěně vrtu.  
c — cementová hermetizace mezikruží; černě — ropa; šipky — pronikání vody nedostatečně cementovaným mezikružím mezi pažnicemi a horninou.



- intenzita těžby musí být sladěna s možnostmi rovnoměrného pohybu tekutin, v ložiskovém obzoru
- při příliš intenzivní těžbě hrozba tvorby *plynových* nebo *vodních jazyků*



Obr. 10-2. Vznik vodního jazyku (vlevo) a plynového jazyku (vpravo) v roponosné části kolektoru při nadměrné těžbě ropy. Nahoře řezy, dole půdorysy.  
Kroužky — plyn; silná šrafa — ropa; tečky — voda.

# Určení celkových přítoků do důlního pole

- určují se v době zpracovávání investiční studie jako orientační údaj o průměrném ustáleném přítoku
- slouží hlavně jako podklad ekonomické úvahy o nákladech na čerpání vod a k výpočtu zatížení tuny dobývaného nerostu investičními a provozními náklady na odvodňování a pro orientační posouzení vlivu odvodnění důlního pole na hg strukturu
- určení celkového průměrného přítoku do otevřené části důlního pole se provádí z vodní bilance oblasti nebo analyticky z rovnic proudění podzemní vody – vysoká přesnost
- může se použít i srovnání s jinými činnými doly metoda analogie – nízká přesnost

# Metoda analogie

Lze použít jednoho ze tří ukazatelů:

- a) specifický přítok vody do dolu
- b) jednotkový specifický přítok do dolu
- c) součinitel zvodnění



## a) specifický přítok do dolu

Okamžitý nebo průměrný roční přítok do celého dolu, zpravidla vyjádřený v l/s, dělený celkovou délkou důlních děl (l/s/m) nebo celkovou plochou důlního pole (l/s/m<sup>2</sup>).

Délka otvirkových chodeb – použití ve stadiu výstavby a počátků těžby

$$q_d = \frac{Q}{L}$$

Plocha důlního pole – použití ve stadiu rozvinuté nebo končící těžby

$$q_d = \frac{Q}{F}$$



## b) jednotkový specifický přítok do dolu

Totéž co jednotkový specifický průtok dělený velikostí dynamické hladiny proti statické.

$$q'_d = \frac{Q}{L} \qquad q'_p = \frac{Q}{F \cdot s}$$

## c) součinitel zvodnění

Objem vody vyčerpaný z dolu za určité časové období dělený hmotou nerostu vytěženého za shodné časové období.

$$k_{zv} = \frac{V}{M} \quad [\text{m}^3/\text{t}]$$

Očekávaný celkový přítok do důlního pole při plánované zvýšené těžbě je

$$V_1 = k_{zv} \cdot M_1$$

# Metoda vodní bilance

Vodní bilance povodí nebo celých oblastí se používá pro ověření, jestli jsou očekávané přítoky do dolů, vypočtené hydraulickými metodami, reálné vzhledem k možnostem napájení.

$$S = O + o + V \pm R \pm r_a \pm r_p \pm O' \pm o'$$

$S$  – srážky

$O$  – povrchový odtok

$o$  – podzemní odtok

$V$  – úhrnný výpar (evapotranspirace)

$R$  – změna retence povrchových vod mezi začátkem a koncem sledovaného období

$r_a$  – změna retence podzemních vod v provzdušněném pásmu (v zóně aerace)

$r_p$  – změna retence podzemních vod v pásmu zvodnění (v zóně nasycení)

$O'$  - přestup povrchových vod do sousedních nebo ze sousedních povodí, popř. hydrogeologických struktur

$o'$  - přestup podzemních vod do sousedních nebo ze sousedních povodí, popř. hydrogeologických struktur

# Analytické metody

Pro účely prognóz ustálených celkových přítoků do dolů vypracovány jen postupy založené na vzorci pro přítok vody ke studni o velkém poloměru („metoda velké studně“).

Má-li důl přibližně izometrický tvar, lze z jeho plochy  $F$  vypočítat tzv. převedený nebo redukovaný poloměr  $r'$ , který přísluší ideálnímu dolu kruhového tvaru o stejné ploše. Platí vztah

$$r' = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$$

Tento vztah je použitelný až do poměru délky dolu k jeho šířce 2:1.

# Analytické metody

Ustálený přítok do dolu se poté spočítá pro obzor s **volnou hladinou** jako:

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r'} = \frac{1,366 \cdot k \cdot (H^2 - h^2)}{\log R - \log r'}$$

Q – celkový přítok do dolu

k – koeficient filtrace

H – výška neovlivněné hladiny nad vodorovným nepropustným podložím

h – výška dynamické hladiny nad vodorovným nepropustným podložím

s – snížení dynamické hladiny proti statické

R – poloměr ovlivnění (poloměr depresní kotliny)

r' - převedený poloměr dolu

# Analytické metody

Ustálený přítok do dolu se poté spočítá pro obzor s **napjatou hladinou** jako:

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot m \cdot s}{\ln R - \ln r'} = \frac{2,73 \cdot k \cdot m \cdot s}{\log R - \log r'}$$

Q – celkový přítok do dolu

k – koeficient filtrace

H – výška neovlivněné hladiny nad vodorovným nepropustným podložím

h – výška dynamické hladiny nad vodorovným nepropustným podložím

s – snížení dynamické hladiny proti statické

R – poloměr ovlivnění (poloměr depresní kotliny)

r' - převedený poloměr dolu

m – mocnost zvodněné vrstvy



END