

# SÍŤ VÝZKUMNÝCH INSTITUCÍ A PODNIKŮ PRO INFRASTRUKTURU

## FORSCHUNGS- UND UNTERNEHMENSNETZ FÜR INFRASTRUKTUREN

RENI-100686680



### Sít'ovací setkání

Využití metod produkční analýza pro sledování technického stavu vrtů

### Network building meeting

Anwendung von Verfahren einer Produktionsanalyse zur Erfassung des technischen Zustandes der Bohrungen

20. května 2025

20. Mai 2025

# VYUŽITÍ METOD PRODUKČNÍ ANALÝZA PRO SLEDOVÁNÍ TECHNICKÉHO STAVU VRTŮ

ANWENDUNG VON PRODUKTIONSANALYSE-METHODEN ZUR ÜBERWACHUNG  
DES TECHNISCHEN ZUSTANDS VON BOHRLÖCHERN

FRANTIŠEK PASTUSZEK

VODNÍ ZDROJE A.S.

Pro využívání podzemní vody se používají různé typy technických objektů – vrty, studny, zářezy.

Pomineme-li změny velikosti přírodních zdrojů, je jejich využitelná kapacita závislá především na změnách hydraulických odporů v jejich blízkém okolí. Tyto změny jsou vyvolány především procesy kolmatace (chemické, mechanické, mikrobiální).

Zde se nabízí analogie s analýzami produktivity naftových vrtů.

Postupy produkční analýza (PA) byly a doposud jsou používány při těžbě nafty a plynu. První použití PA se datuje do 20 -tých let minulého století (R.J.Johnson, A.L.Bolens, 1928; H.N.Marsh, 1928). Jednalo se o semiempirické hodnocení produktivity naftových vrtů. V roce 1945 přichází J.J.Arps (J.J.Arps, 1945) s postupy, které umožňují kvantifikaci a časovou predikci použitím specifické analýzy.

V roce 2016 (F.Pastuzek, 2016, 2017) prezentoval první výsledky kvantitativního sledování vlivu regenerace na změnu hydraulických odporů hydrogeologických vrtů pomocí analýzy úvodních částí čerpacích zkoušek.

V roce 2018 byla zpracována první produkční analýza exploatačních vrtů v jímacím území Řepín – Mělnická Vrutice (F.Pastuszek, 2018).

***POUŽITÍ PA JE POSTAVENO NA NÁSLEDUJÍCÍCH PŘEDPOKLADECH:***

- HYDRAULICKÉ VLASTNOSTI EXPLOATOVANÉ ZVODNĚ JSOU V ČASE STÁLÉ
- KE ZMĚNÁM HYDRAULICKÝCH VLASTNOSTÍ ZVODNĚ DOCHÁZÍ POUZE NA PLÁŠTI VRTU A V JEHO NEJBLIŽŠÍM OKOLÍ (REAKTOROVÁ ČÁST, KOLMATAČNÍ ZÓNA)

***MOŽNOSTI VYUŽITÍ V HYDROGEOLOGII:***

1. ANALÝZA POKLESU VYDATNOSTI PRAMENŮ
2. HODNOCENÍ DLOUHODOBÉ VÝKONNOSTI STUDNÍ
3. PREDIKCE VÝVOJE HLADIN PODZEMNÍ VODY
4. POSUZOVÁNÍ UDRŽITELNOSTI ČERPÁNÍ



PA je použitelná v hydrogeologii, vyžaduje však komplexnější přístup a zohlednění více faktorů než v ropném průmyslu. Musíme rozlišit dva základní procesy, které ovlivňují proces hodnocení a výpočtu PA:

1. Kolísání využitelných zásob podzemní vody
2. Procesy změn hydraulických odporů v nejbližším okolí jímacího objektu (kolmatace)

**Je založena na analýze a výpočtech poklesových křivek především specifických vydatností hydrogeologických objektů v čase.**

**JE NÁROČNÁ NA KVALITU A ROZSAH VSTUPNÍCH ÚDAJŮ.**

## Přehled hlavních způsobů výpočtu poklesových křivek (Decline Curve Analysis - DCA)

### 1. Arpsovy křivky (tradiční metoda)

- a. Exponenciální pokles ( $b=0$ )
- b. Hyperbolický pokles ( $0 < b < 1$ )
- c. Harmonický pokles ( $b=1$ )
- d. Základní rovnice:  $q(t) = \frac{q_i}{(1+b \cdot D_i \cdot t)^{(1/b)}}$

### 2. Modifikované metody

- a. Stretched Exponential Production Decline (SEPD)
- b. Duong's Method - Power Law Exponential Decline (PLE)
- c. Logistic Growth Analysis (LGA)

### 3. Moderní přístupy

- a. Hybridní modely
- b. Probabilistické DCA
- c. Machine learning aplikace
- d. Bayesovská analýza

## POUŽITÍ V HYDROGEOLOGII

### ARPSOVY KŘIVKY

$$q(t) = \frac{q_i}{(1 + b * D_i * t)^{(1/b)}}$$

kde:

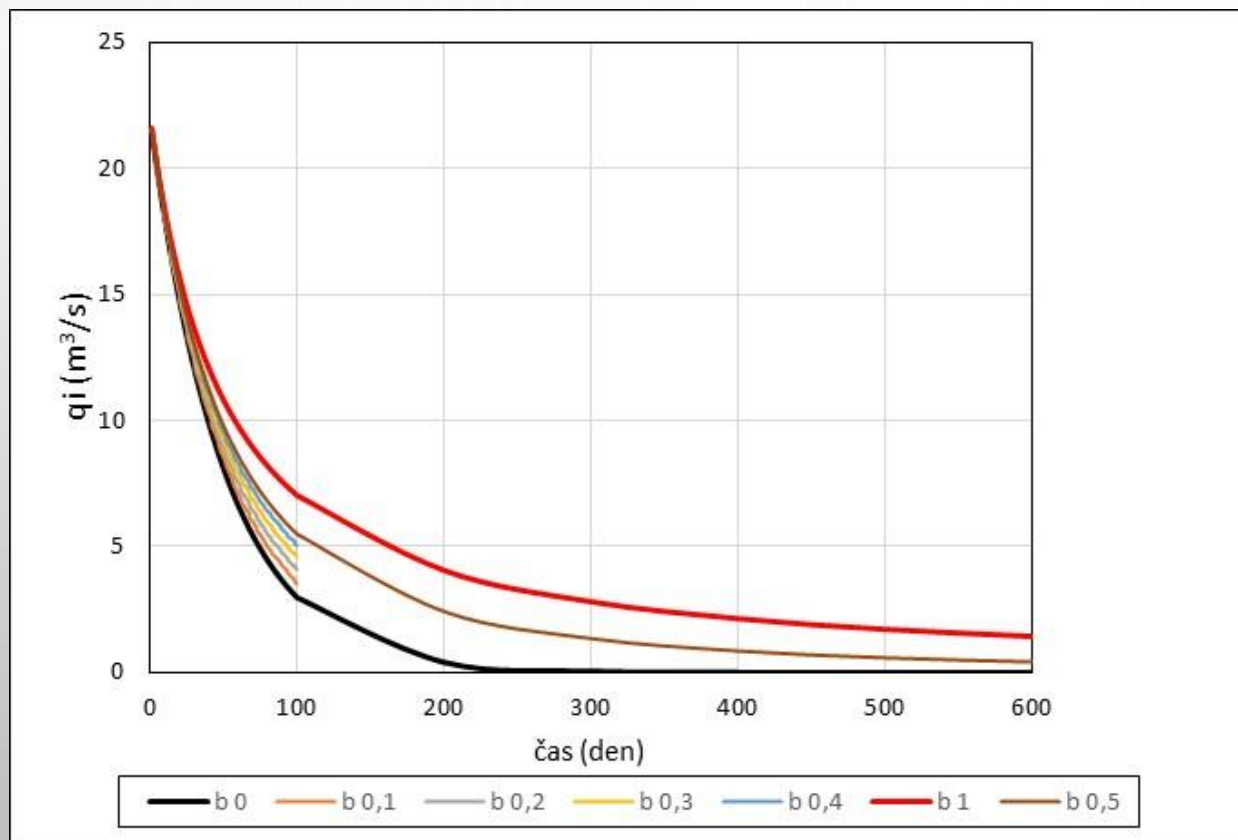
- $q(t)$  - průtoková rychlost (produkce) v čase  $t$
- $q_i$  - počáteční průtoková rychlost (initial rate)
- $b$  - arpsův parametr zakřivení (decline exponent)
  - $b = 0$  pro exponenciální pokles
  - $0 < b < 1$  pro hyperbolický pokles
  - $b = 1$  pro harmonický pokles
- $d_i$  - počáteční poklesová rychlost (initial decline rate)
- $t$  - čas

#### Význam parametrů:

1.  $b$  určuje tvar křivky
  2.  $D_i$  ovlivňuje rychlost poklesu
  3.  $q_i$  stanovuje výchozí bod
- $t$     nezávislá proměnná



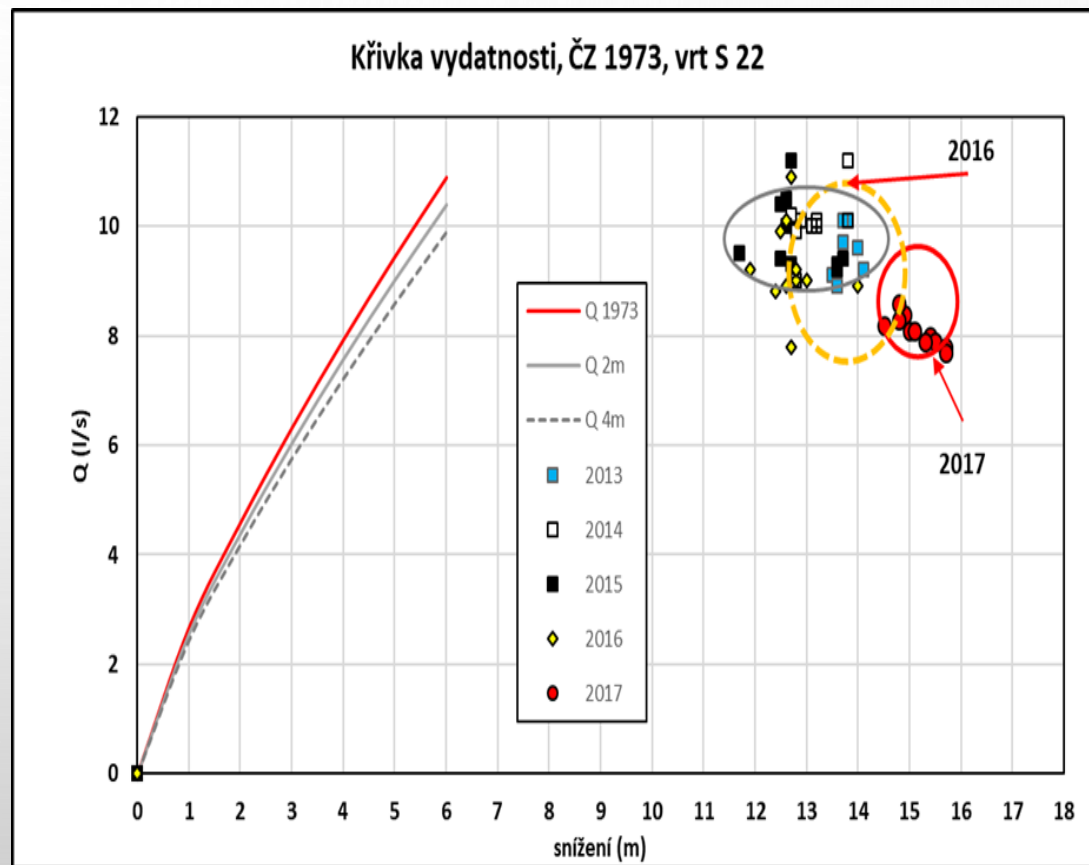
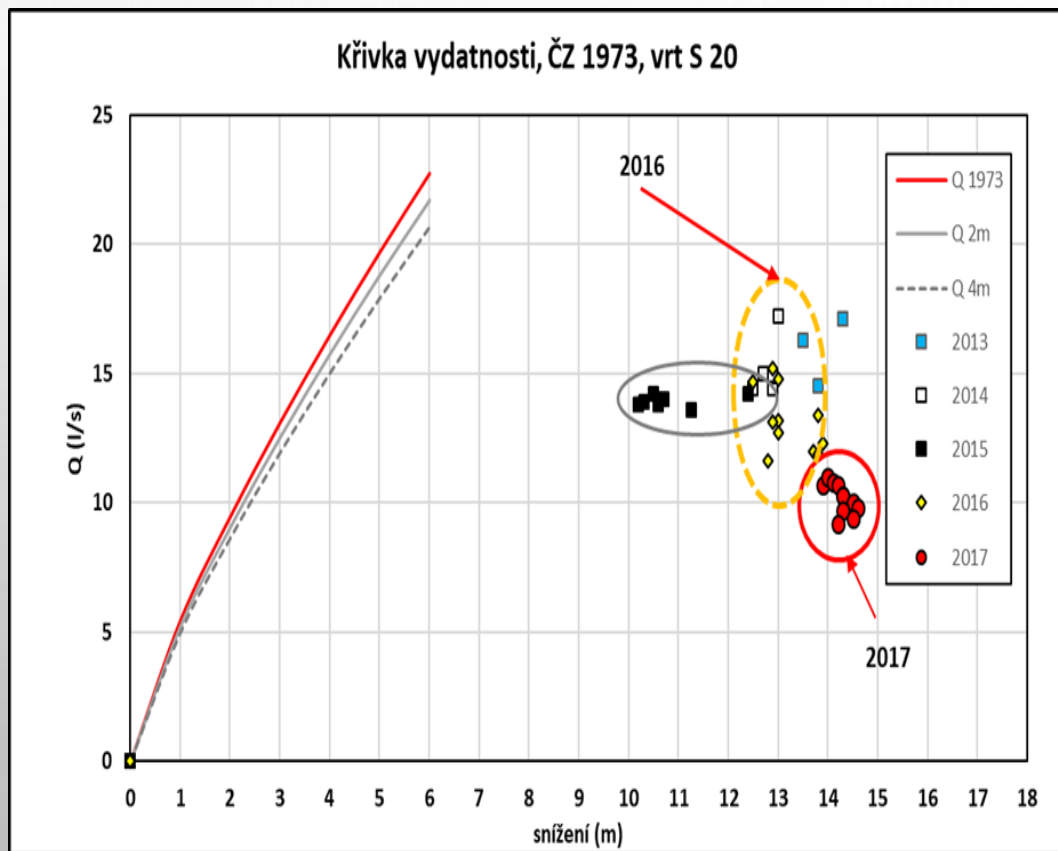
## Nomogram křivek J.J.Arpsse

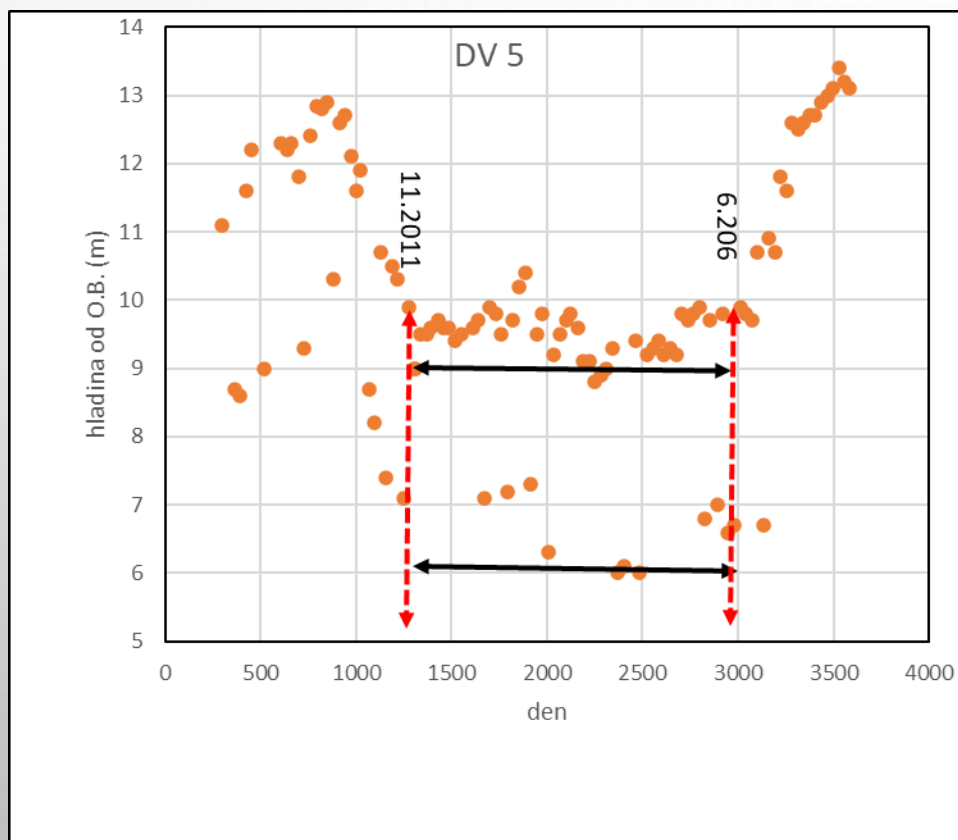


$b = 0$  exponenciální pokles  
 $0 < b < 1$  hyperbolický pokles  
 $b = 1$  harmonický pokles

Nomogram umožňuje výběr  
vhodného typu závislosti

## Srovnání křivek vydatnosti z roku 1973 a hodnotami z let 2013-2017



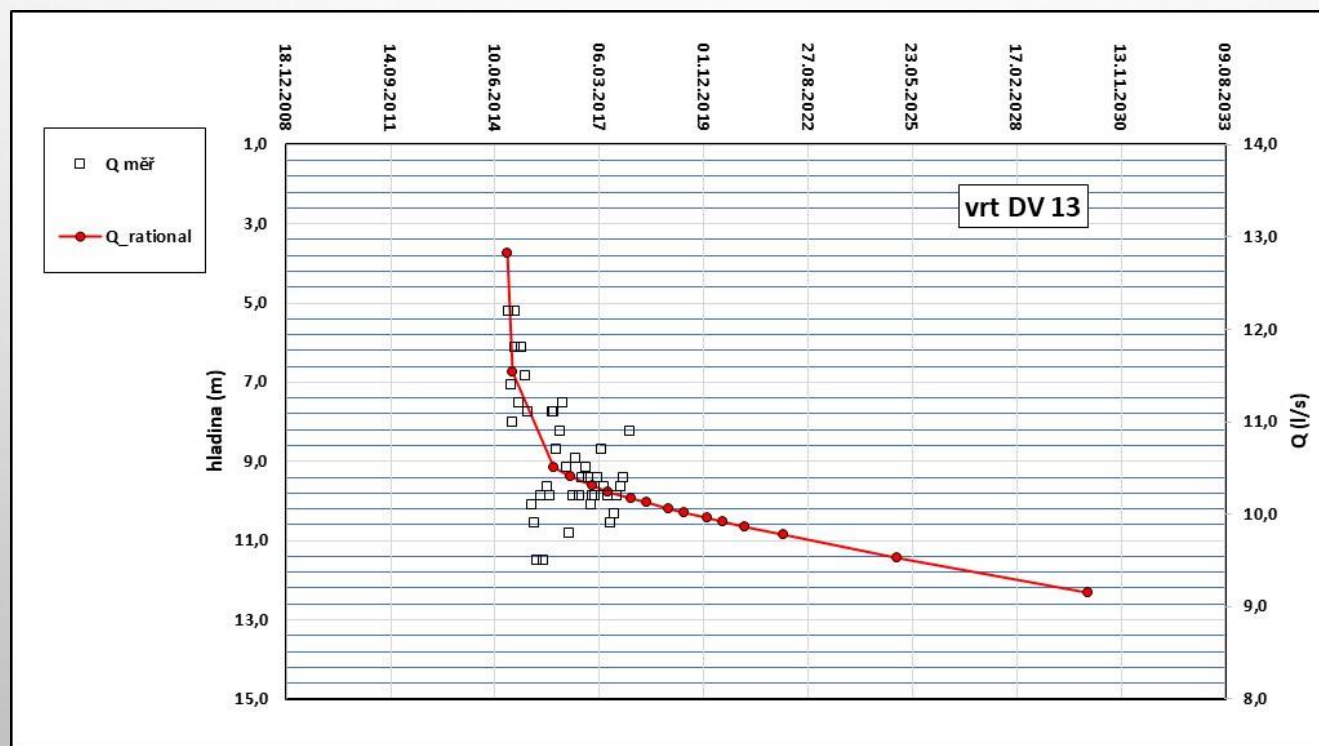


Měřené hladiny na pozorovacím vrtu DV 5  
v letech 2008 – 2017

Rozdíl mezi minimy a maximy  
po celou dobu sledování činil 2,5-2,8 m

Porovnejme si tyto hodnoty  
s křivkami vydatnosti na předchozím obrázku

## Příklad aproximace poklesu vydatností metodou Arpse



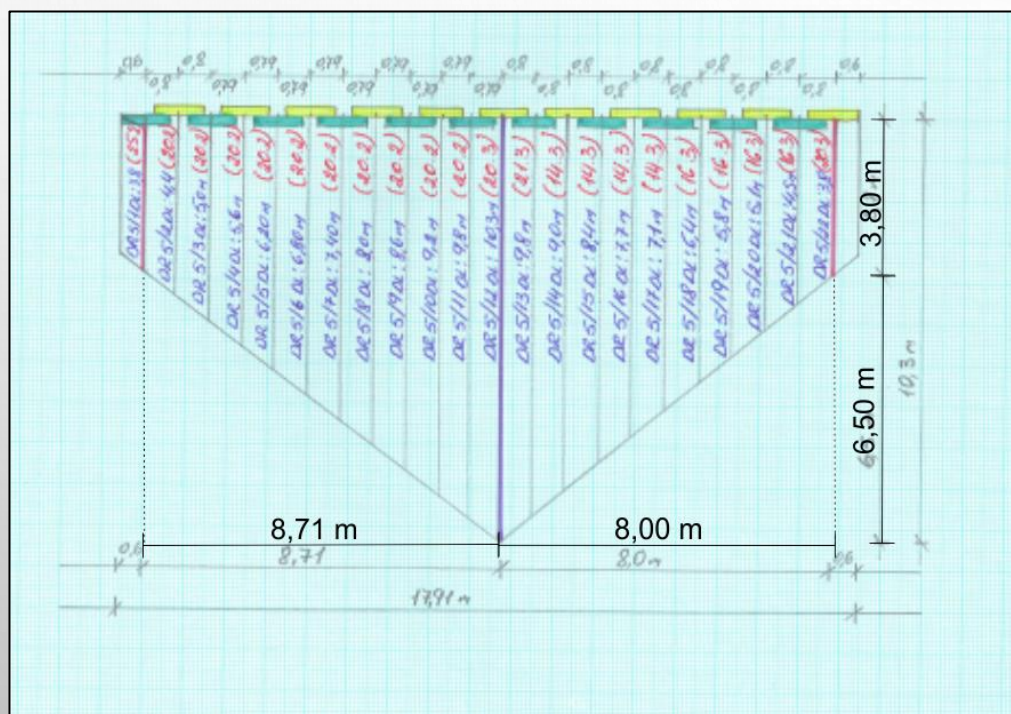
Metody PA lze použít nejen u vertikálních hydrogeologických objektů (vrty, studny), ale i u horizontálních objektů (drény, zářezy).

Příklad takového použití si ukážeme na případě vsakovacích drénů na jedné sanační lokalitě.

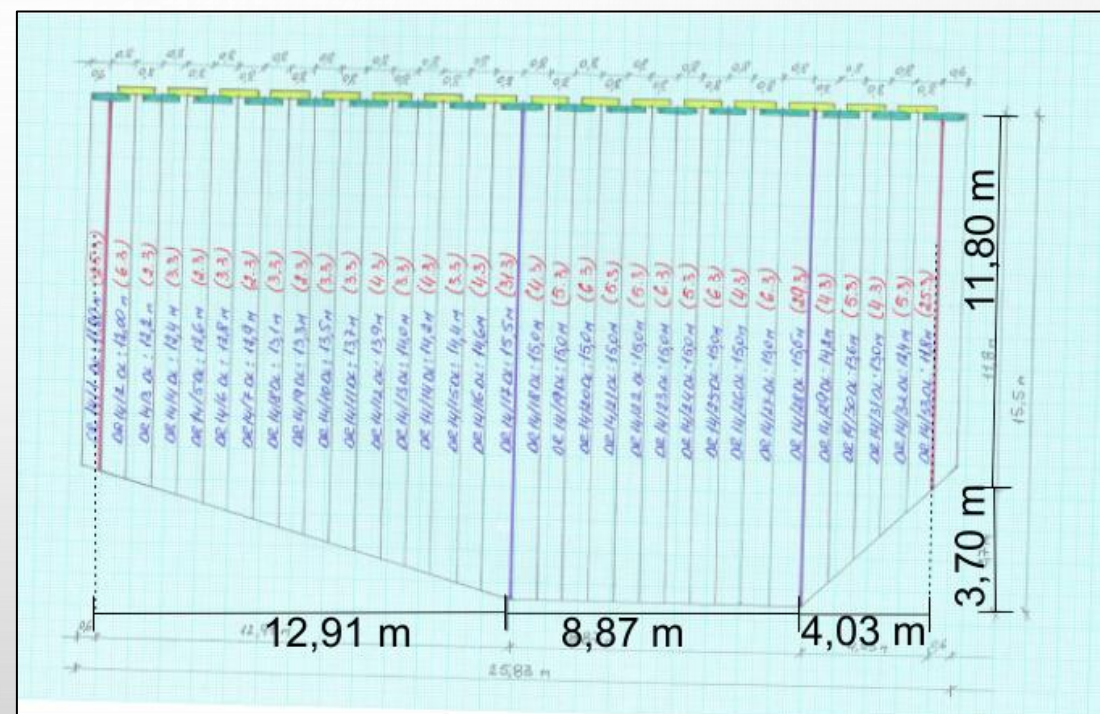
Konstrukce drénů je na následujících obrázcích.



Konstrukce drénu JT-5

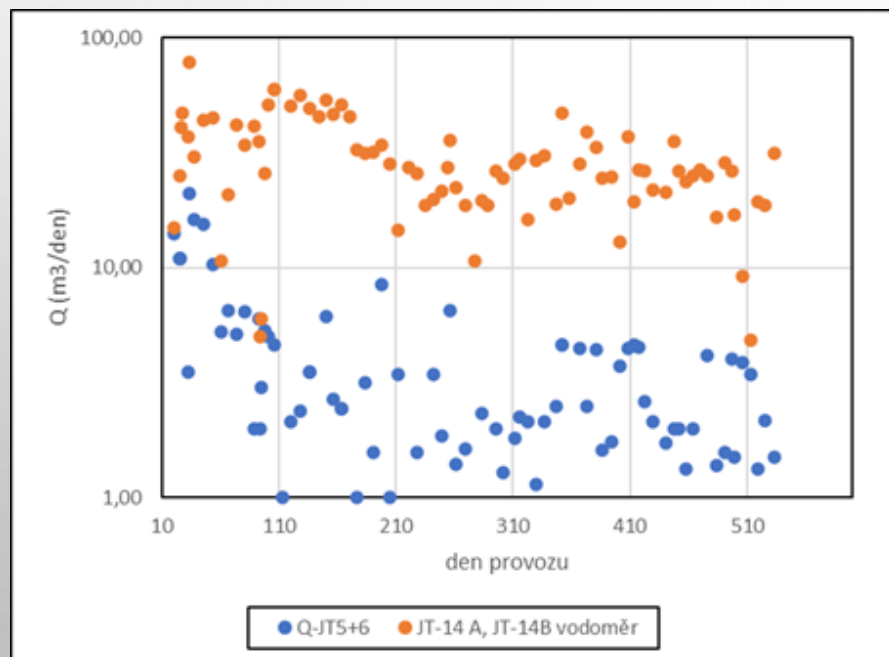


Konstrukce drénu JT 14

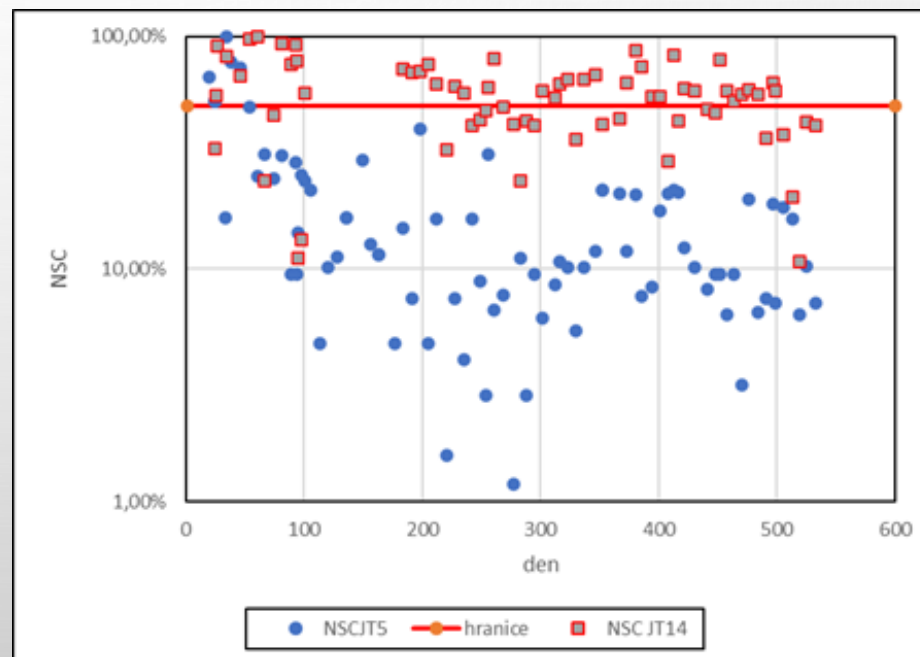


## Příklad použití PA pro drény.

Čerpaná množství



Normované specifické kapacity



**Interreg**



Kofinanziert von  
der Europäischen Union  
Spolufinancováno  
Evropskou unií

Sachsen – Tschechien | Česko – Sasko

**DĚKUJI ZA POZORNOST**