

Bányászati vízszintsüllyesztések numerikus modellezésének tanulságai

Dr Kovács Attila
MAGYAR FÖLDTANI ÉS GEOFIZIKAI INTÉZET



FAVA konferencia Siófok, 2014

Bányászati modellezés céljai

- Vízbeáramlás számítása: a víztelenítési rendszer tervezéséhez
- A vízszintsüllyesztés környezeti hatásának előrejelzése: környezetvédelmi és vízgazdálkodási okokból (gyökérzóna, öntözőkutak)
- Oldott szennyező anyagok és radioaktív részecskék terjedésének modellezése: környezetvédelmi okokból

Modellezett jelenségek

- Erősen heterogén és anizotróp közeg
- Időben változó geometria
 - Felszíni üregek
 - Felszín alatti üregek
- Hirtelen változó potenciálviszonyok (nagy víztömegek mozgása bányagödrök között)
- Üregek feletti rogyászóna
- Szivárgó felszínek
- Üregek a telített zónában
- Vertikális és horizontális nyomásterjedés
- Párolgó és visszatöltődő bányatavak
- Oldott szennyezőanyagok és radioaktív részecskék terjedése

Speciális elvárások bányászati modellezésnél

- Részletes és rugalmas diszkretizáció
- Kondicionált és időben változó peremfeltételek
- Időben változó hidraulikai paraméterek
- Telítetlen zóna modellezése
- Szabadfelszín szimulációja (bányatavaknál)

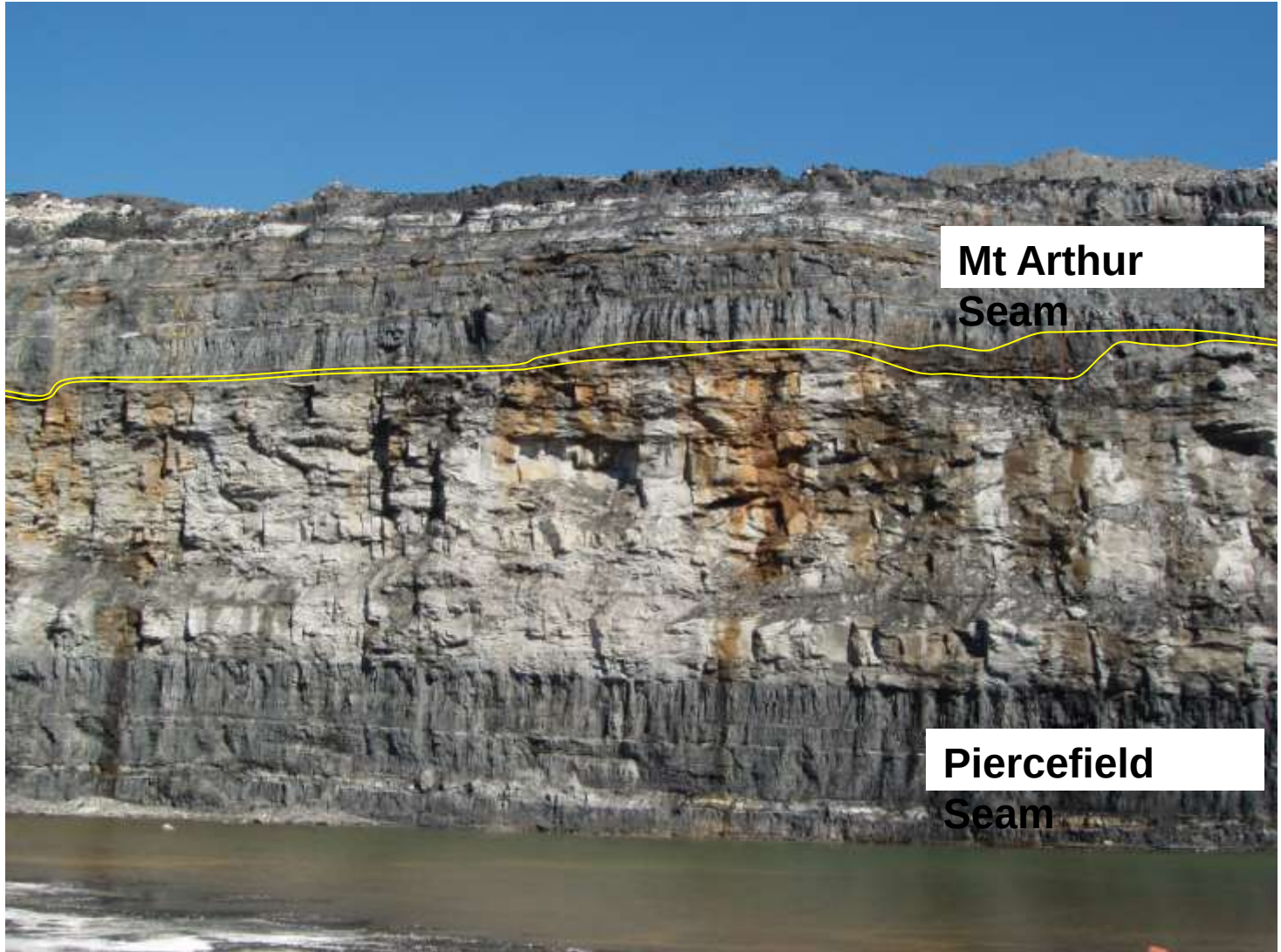
1. Esettanulmány: Külszíni szénbánya, Hunter Valley, NSW, Ausztrália

- Szituáció: Folyó melletti felszíni szénbánya tovább bővítése a folyó irányába
- Földtan: Permi szénrétegek
- Művelés: Külszíni
- Probléma: Feltételezett átszivárgás a folyóból a bányagödörbe
- Kérdés: Mi a szivárgás mechanizmusa? Mik az áramlási irányok? Előrejelzés?
- Alkalmazott szoftver: FEFLOW



Szivárgó felszínek

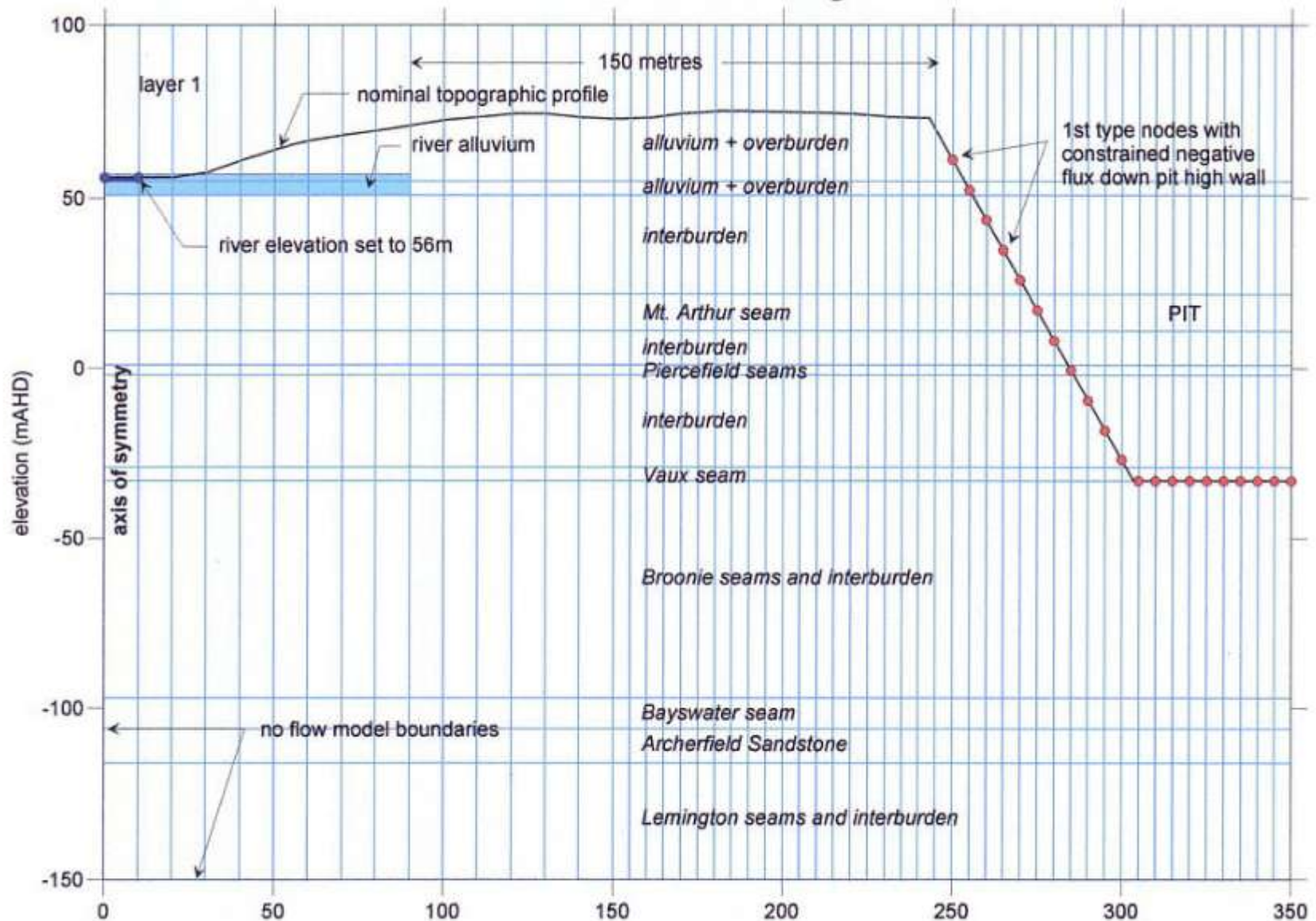
Szivárgó
felszín



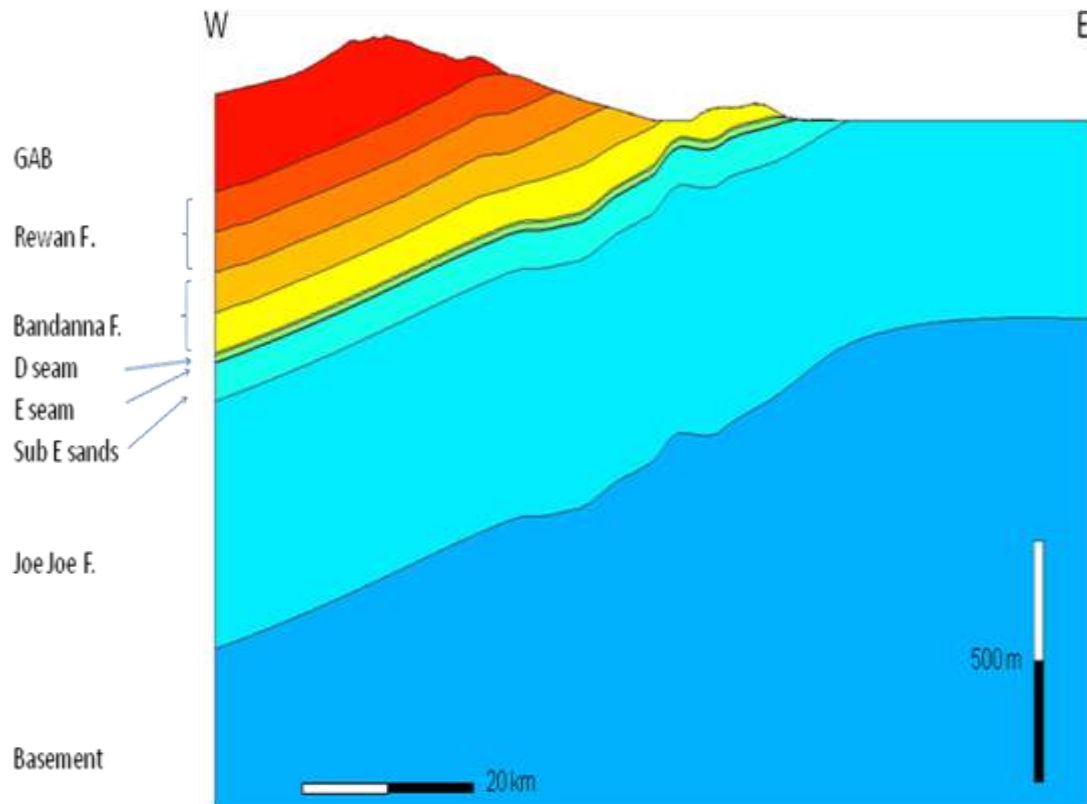
Mt Arthur
Seam

Piercefield
Seam

Koncepciómodell

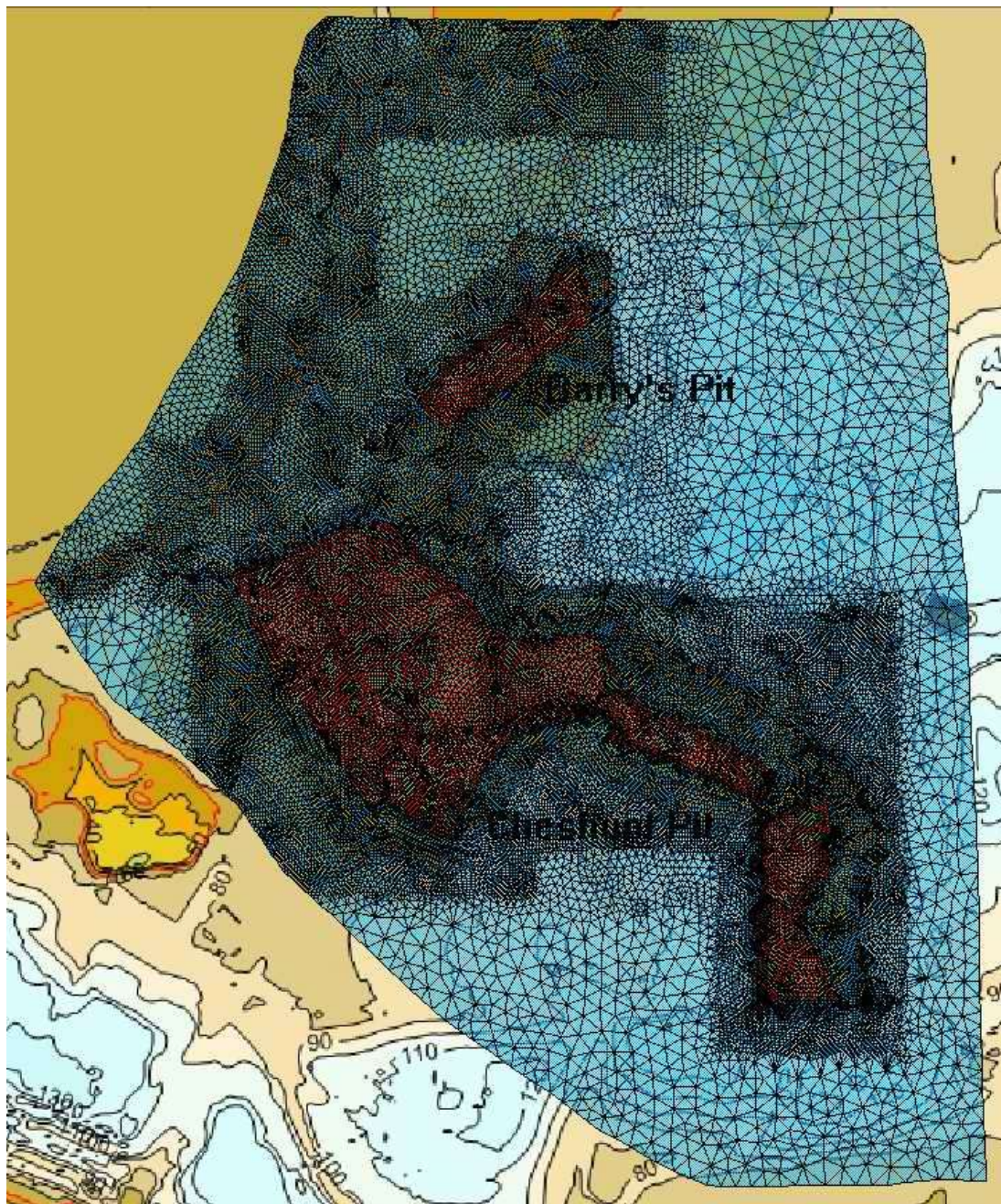


Modell geometria



Layer No.	Geology
1-2	Alluvium
3	Interburden
4	Warkworth Seam (WK)
5	Interburden
6	Mt Arthur Seam (MA)
7	Interburden
8	Piercefield Seam (PF)
9	Interburden
10	Vaux Seam (VA)
11	Interburden
12-15	Broonie Seam (BR)
16-17	Interburden

Diszkretizáció

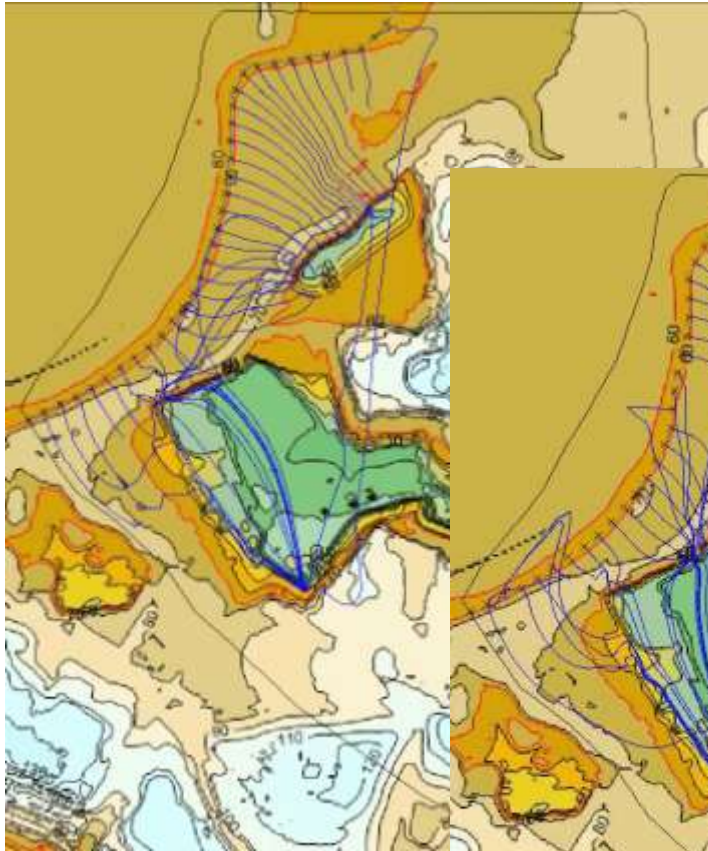


Alkalmazott paraméterek és peremfeltételek

Model layers	Geology	Kxy (m/s)	Kz (m/s)
1-2	Alluvium	1.7e-4	1.7e-5
1-2	Unconsolidated sediments	3.0e-5	3.0e-6
3,5,7,9,11,16-17	Interburden	8.0e-8	1.8e-9
4,6,8,10	Coal seams	6.0e-7	2.0e-10
12-15	BR seam	2.0e-7	5.6e-10

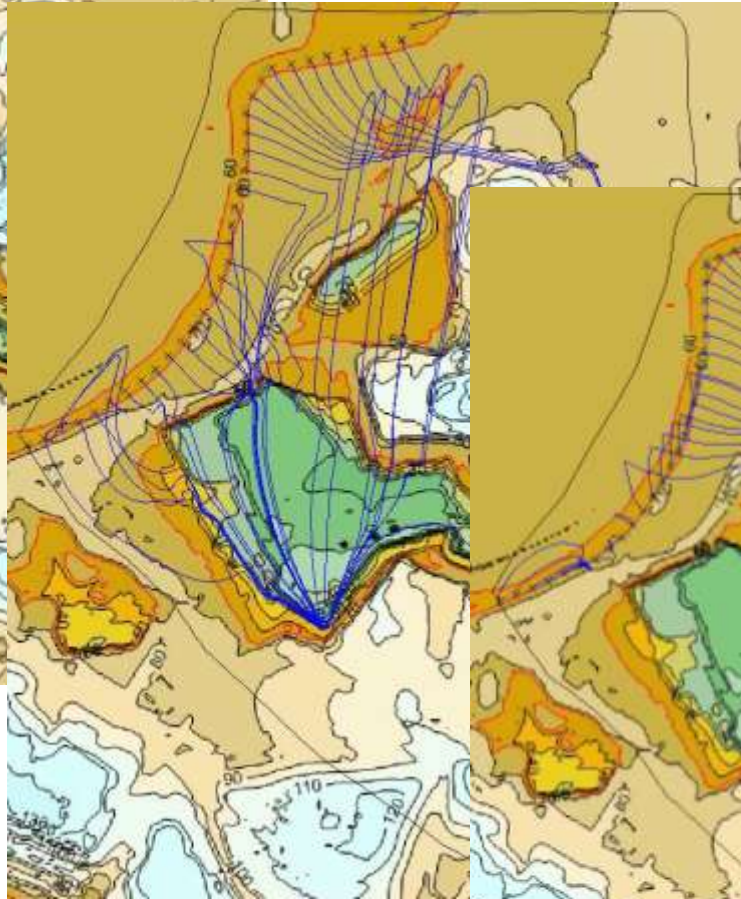
Slice No.	Geology	Boundary Conditions
1	Top of alluvium	Constant head set to 56 mAHD along Hunter River
11	Base of Vaux Seam (VA)	Constant head set at 50, 56 and 58 mAHD within Barry's Pit
12-15	Broonie Seam (BR)	Seepage face conditions at base of BR4C within Cheshunt Pit

Eredmények – Particle tracking

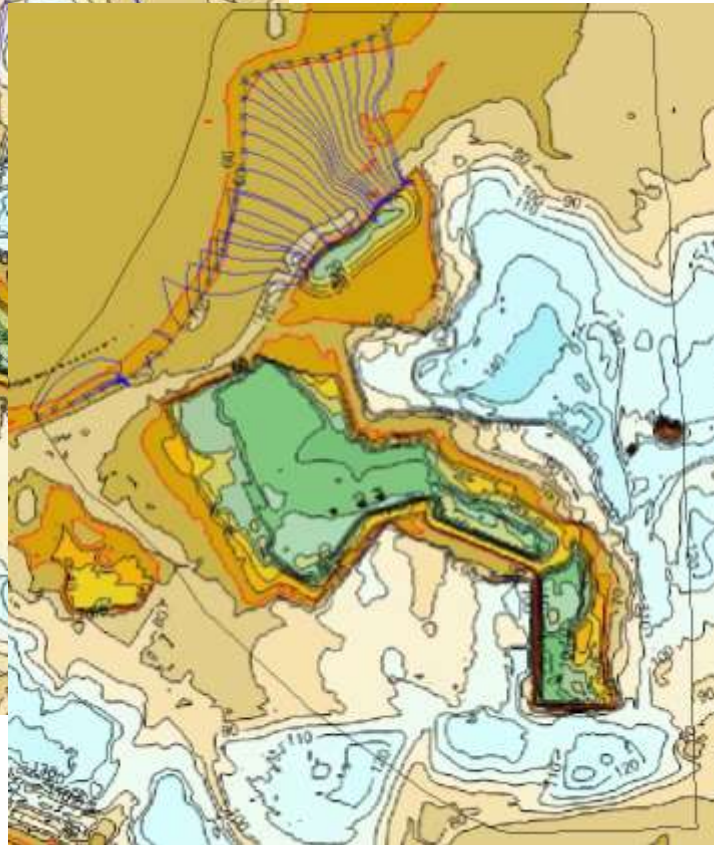


1

.



2.



3

1. $H_{\text{pit}} < H_{\text{river}}$
2. $H_{\text{pit}} = H_{\text{river}}$
3. $H_{\text{pit}} > H_{\text{river}}$

Eredmények – Vízhozamok

Flow from	Flow to	Flow rate (m3/d)			
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	
All sources	Cheshunt Pit	432	378	346	
All sources	Barry's Pit	162	-265	-401	
Hunter River	Cheshunt Pit	212	110	103	
Barry's Pit	Cheshunt Pit	115	150	167	
Hunter River	Barry's Pit	127	-47	-123	
Hunter River	All destinations	618	125	-41	

2. Esettanulmány: Külszíni rézbánya, QLD, Ausztrália

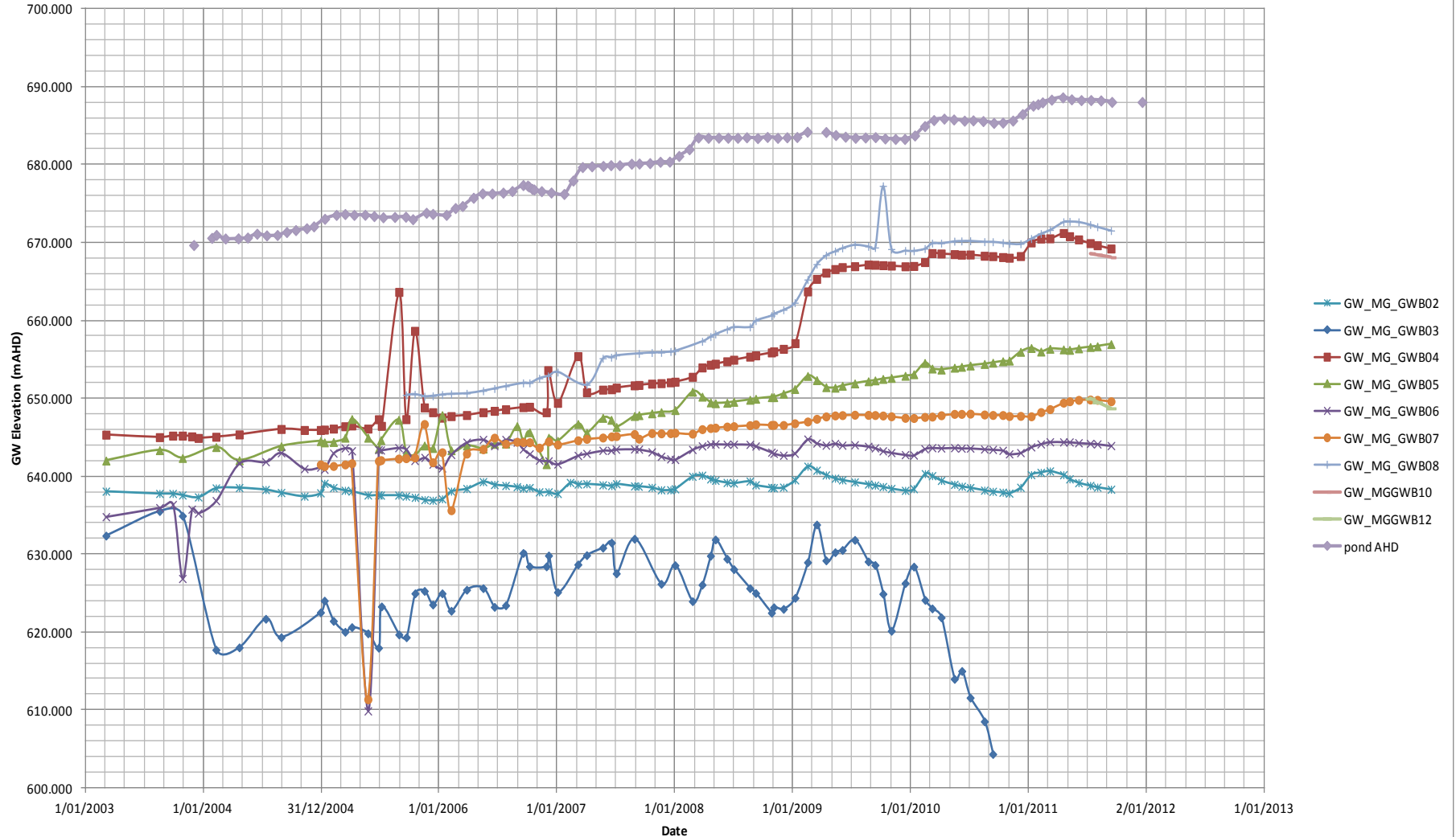
- Helyszín: QLD, a Nagy Vízválasztótól keletre
- Földtan: Zn-Cu-Ag szkarn ércesedés szilúr arkóza/permi gránit határán
- Művelés: Külszíni
- Szituáció: Feltöltődő zagytározó, növekedő vízszintek és romló vízminőség a monitoring kutakban.
- Probléma: Feltételezett szivárgás a zagymedencéből
- Kérdés: Mi a szivárgás mechanizmusa? Mik az áramlási irányok? Előrejelzés?
- Alkalmazott szoftver: MODFLOW SURFACT + GW VISTAS

A helyszín...

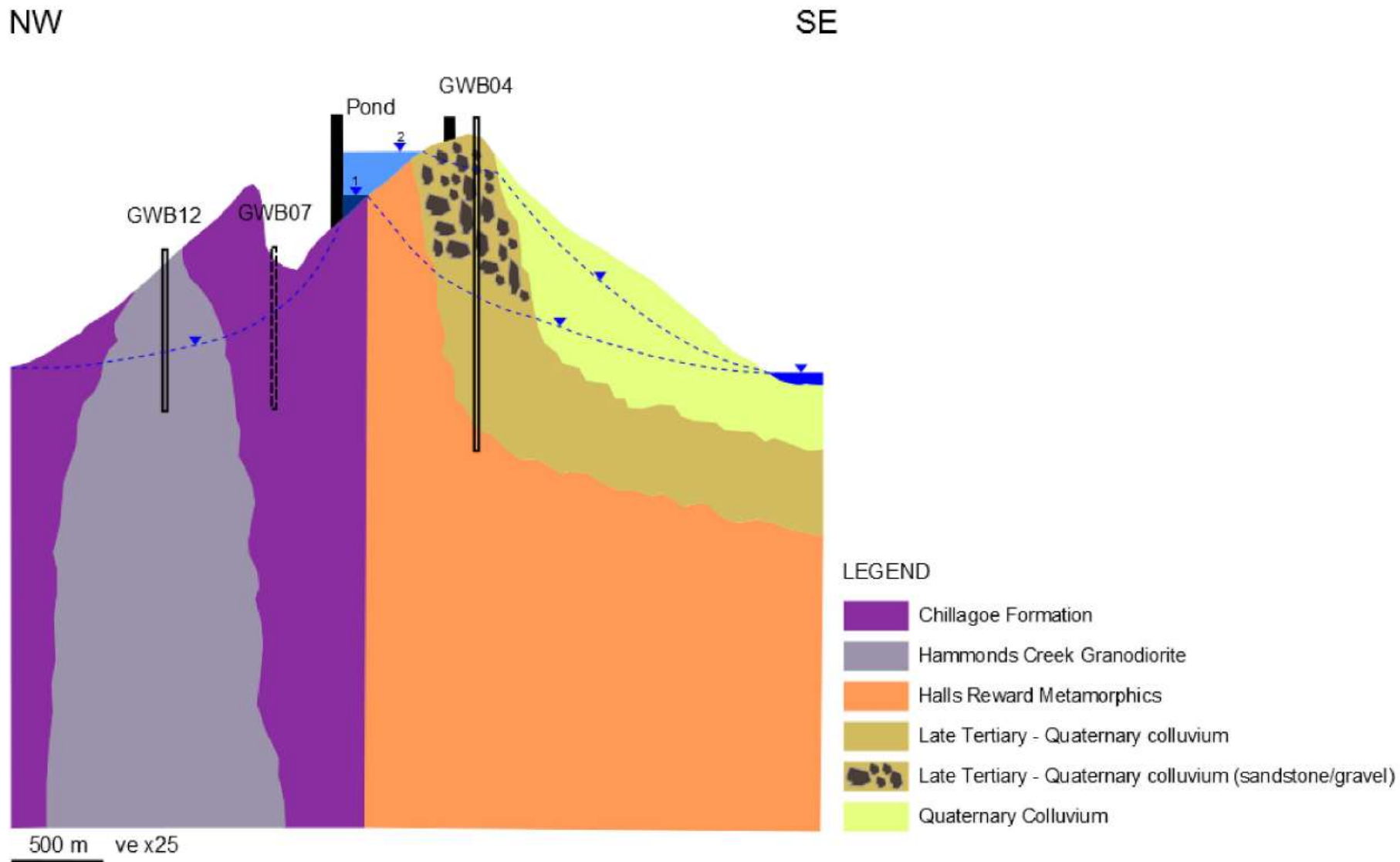
Zagytározó



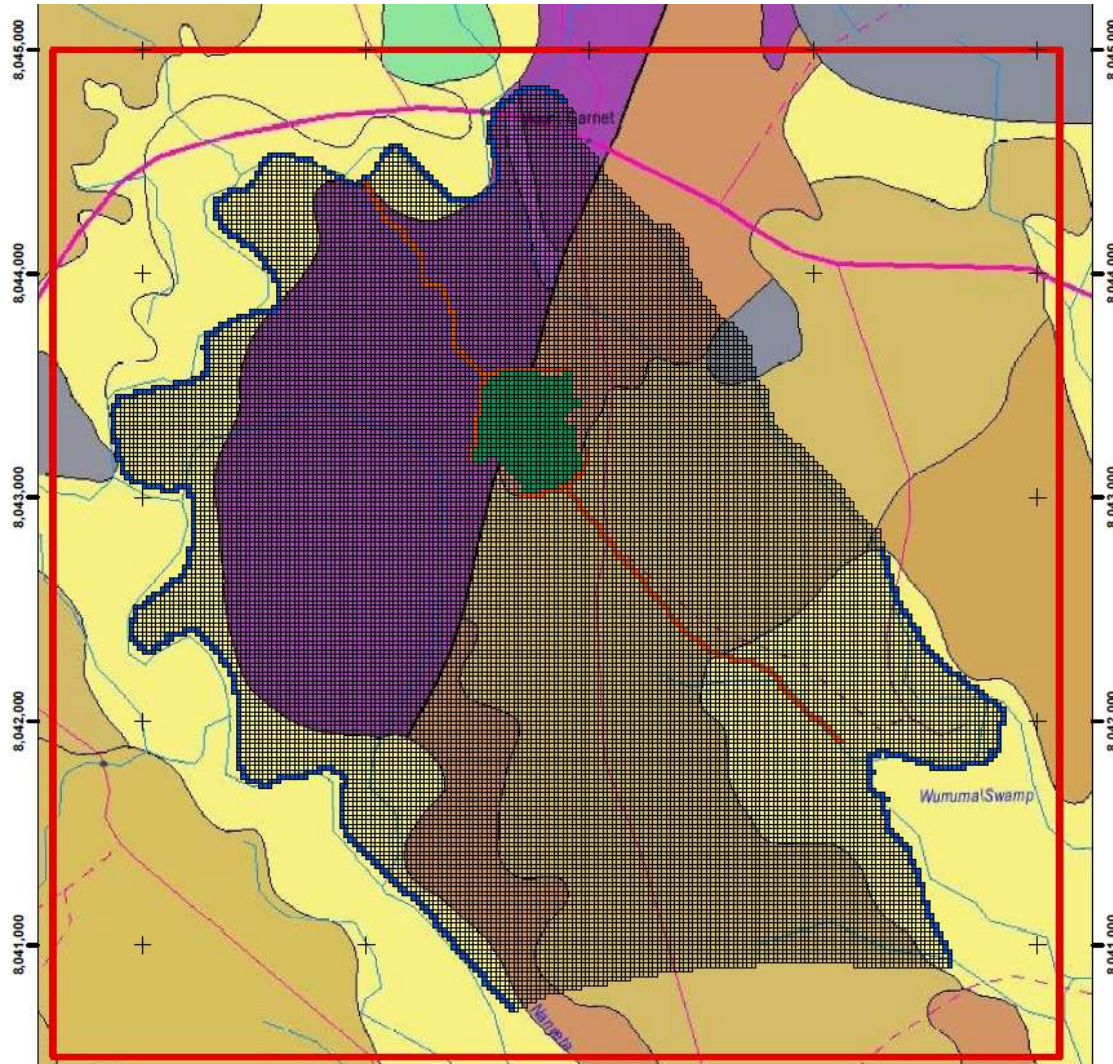
Kúthidrogramok



Koncepciómodell



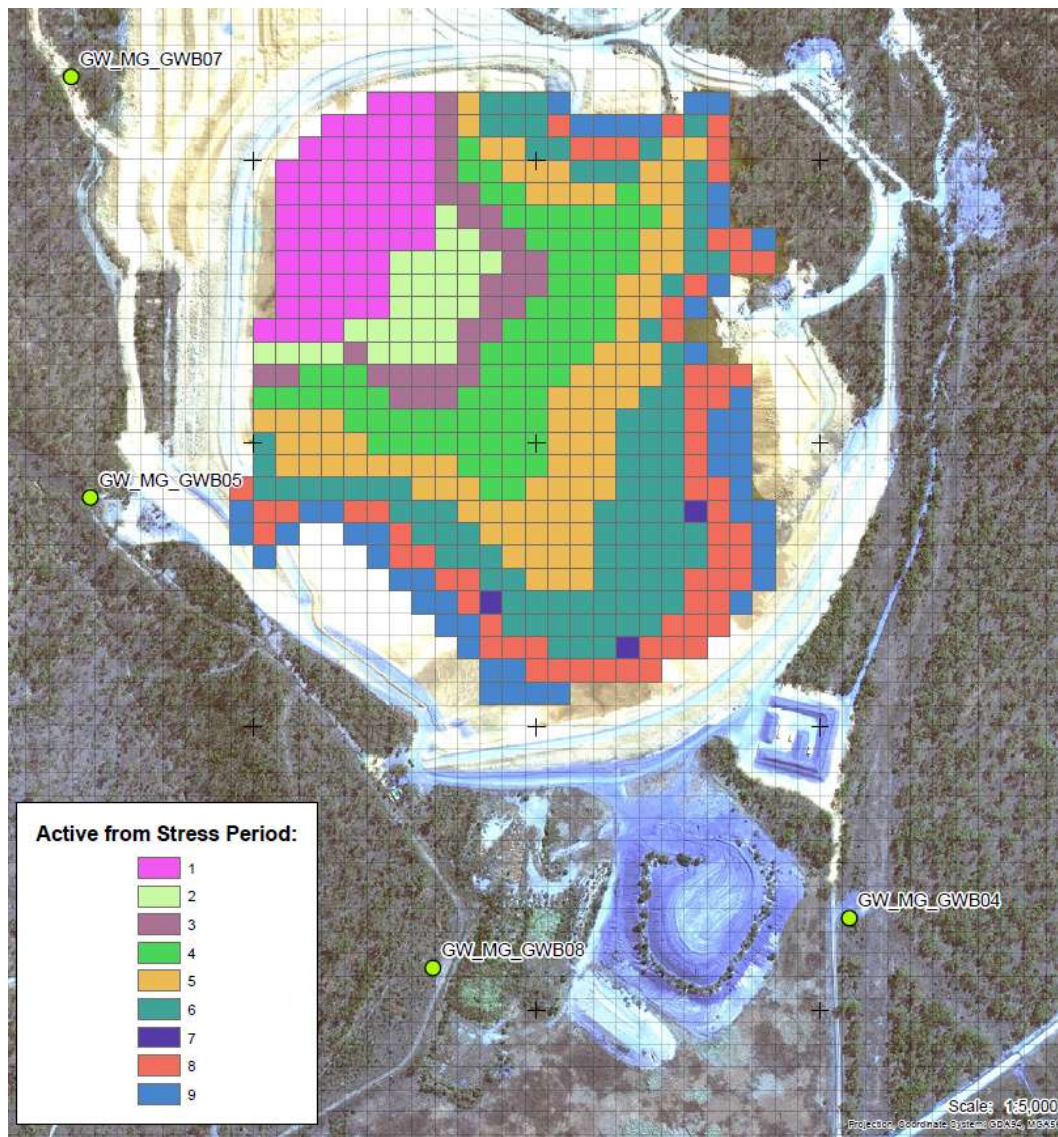
Numerikus modell geometriája



Unit	lay.	K (m/d)	Ss (1/m)	Sy (-)
Weat hered rock	1	0.1	1e-5	0.01
Base ment	2-5	0.006	1e-5	0.01

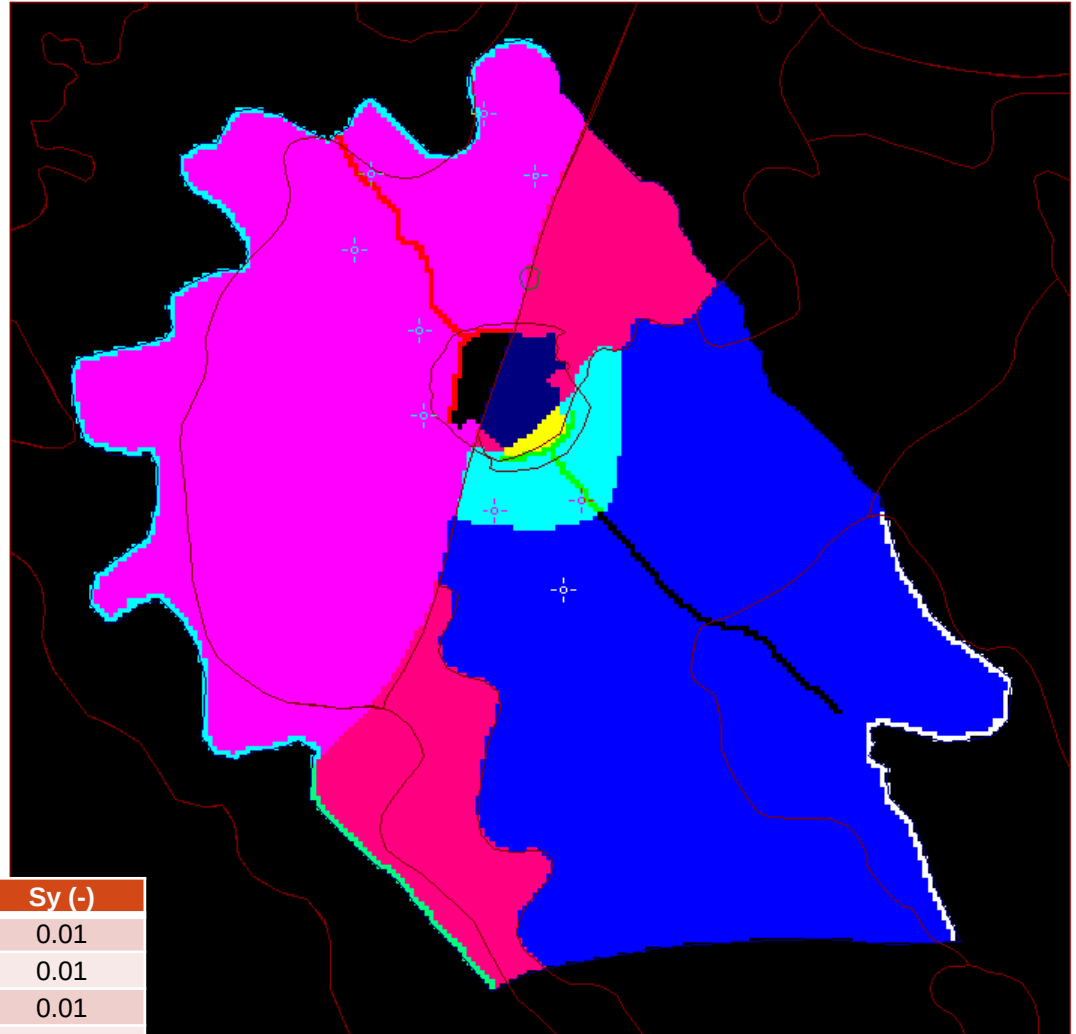
A zagytározó feltöltődésének szimulációja

RIVER cellák
alkalmazása a
zagytározó
kiterjedésének és
növekvő szintjének
szimulációjára



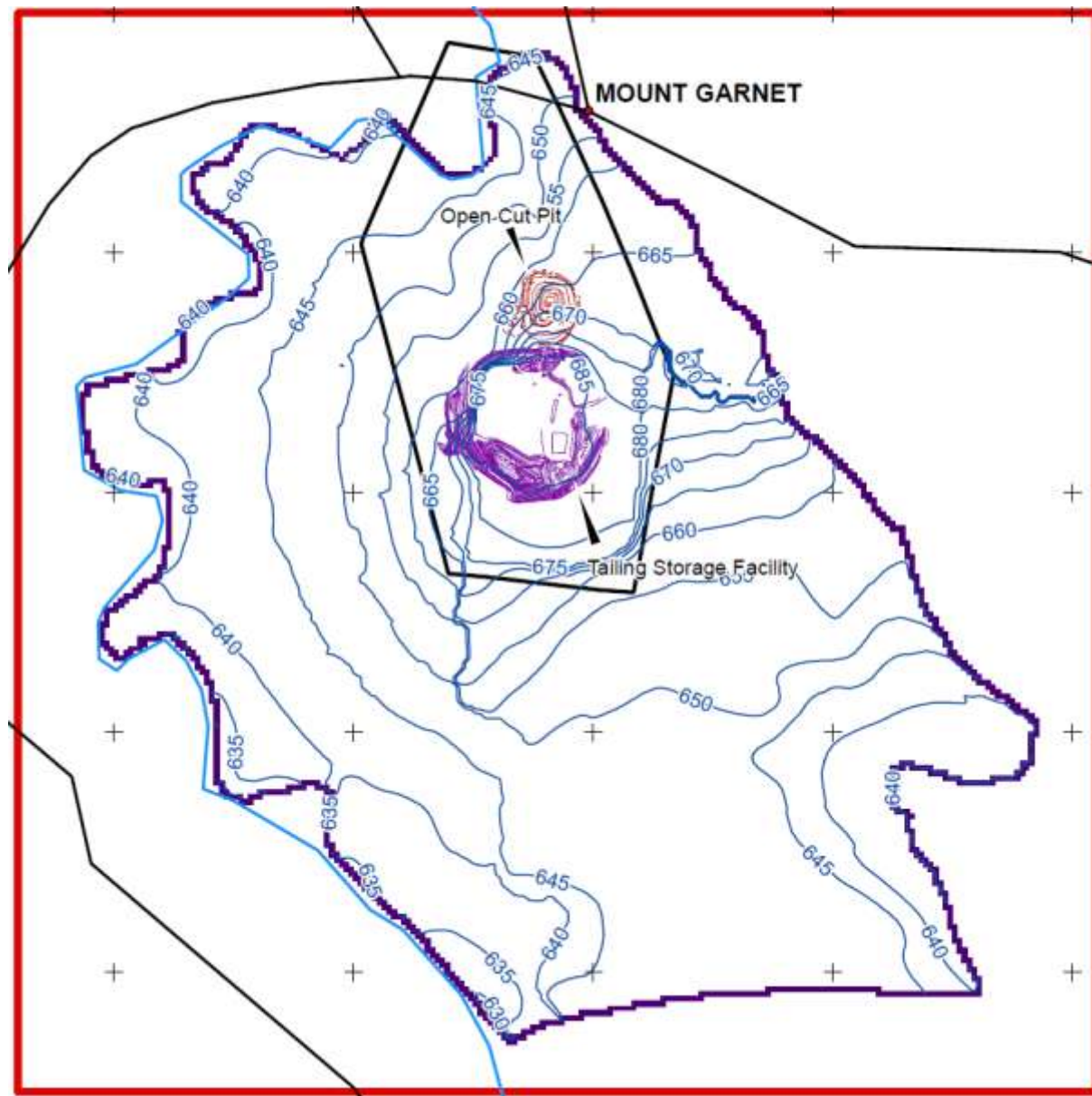
Hidraulikai paraméterek

Paraméter zónák lehatárolása modell kalibráció útján

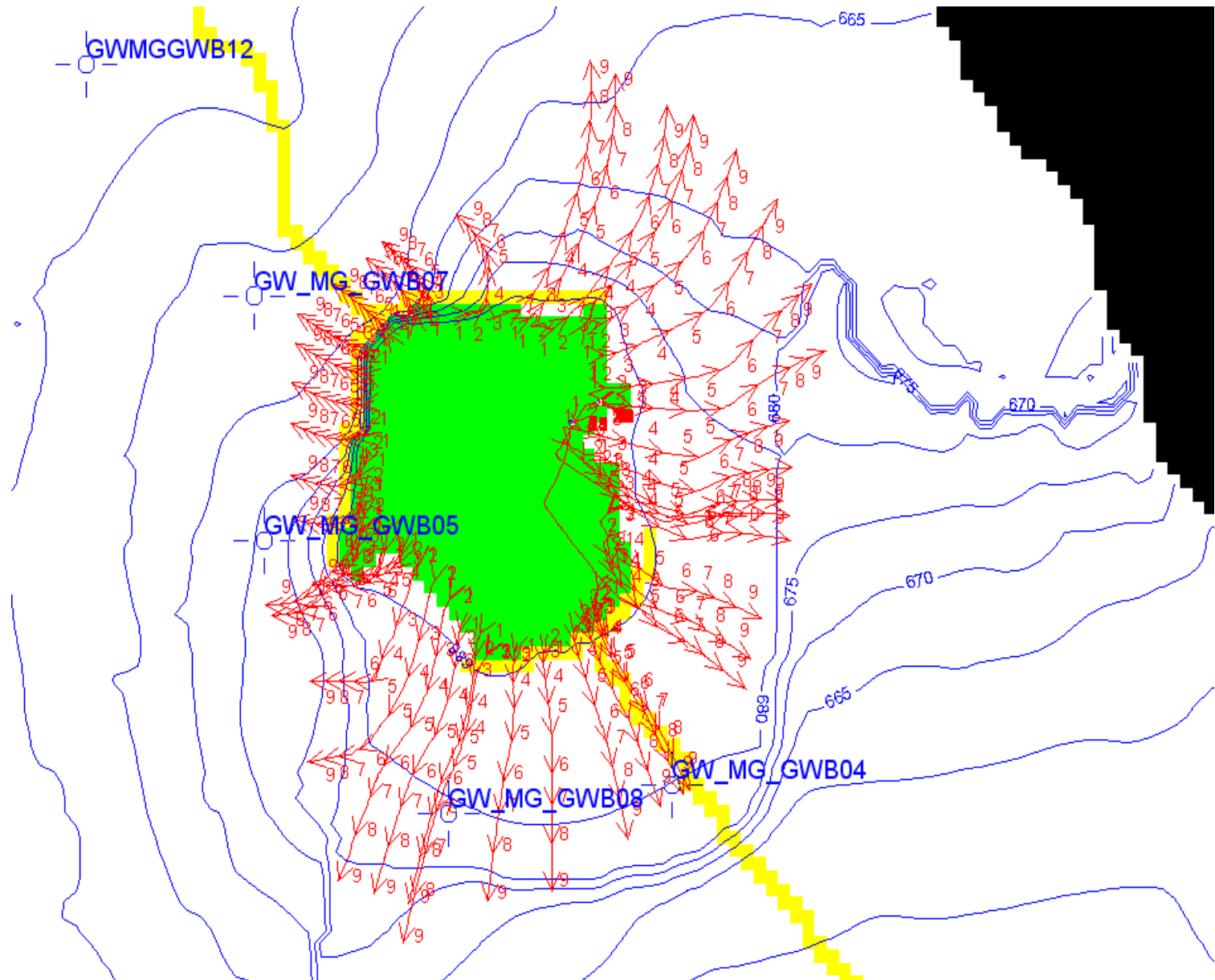


Unit	layers	K(m/d)	Ss (1/m)	Sy (-)
Chillagoe F.	1-5	0.01	1e-5	0.01
Halls Reward F.	3-5	0.07	1e-5	0.01
Colluvium clay	1-2	0.0004	1e-5	0.01
Colluvium sand	1-2	0.8	1e-5	0.01

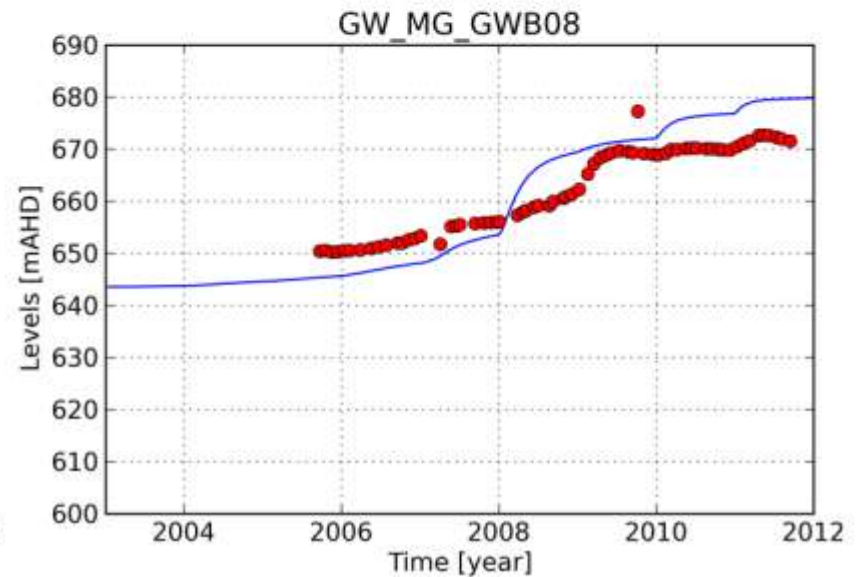
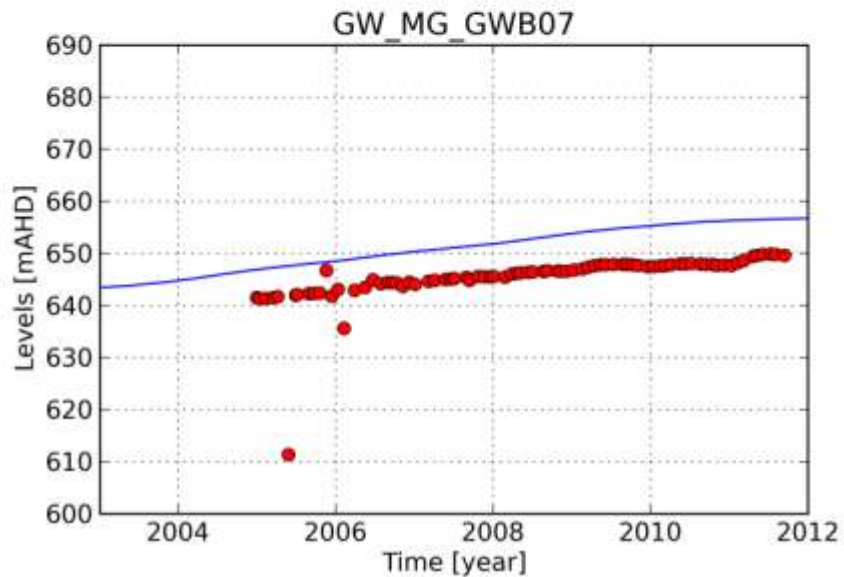
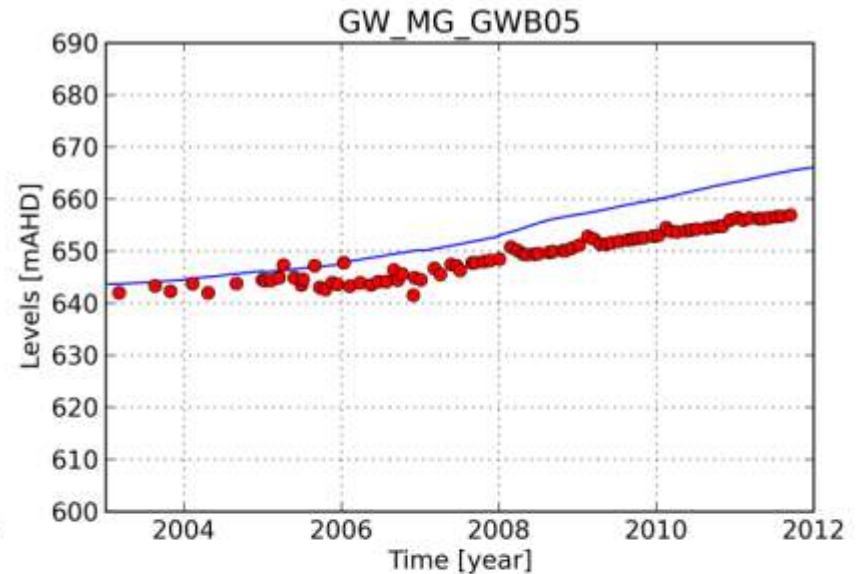
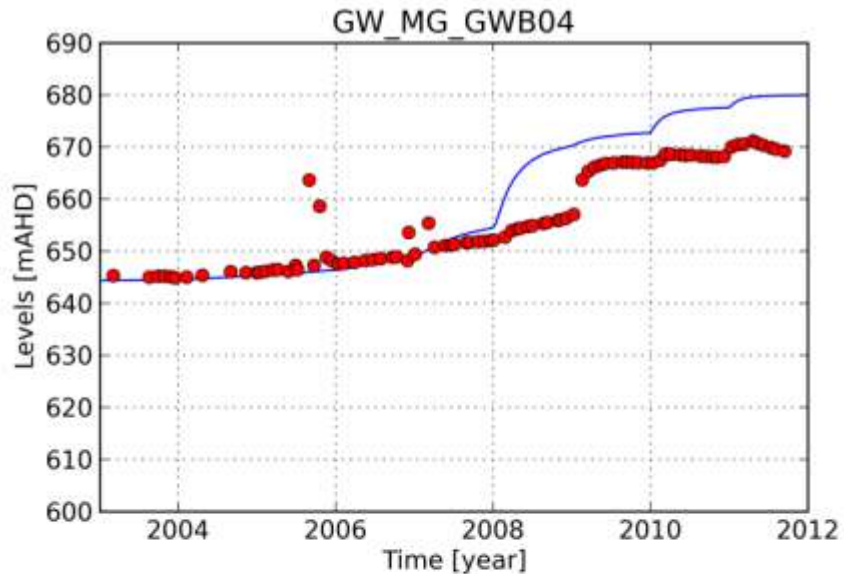
Szimulált vízszintek



Particle tracking



Szimulált hidrogramok

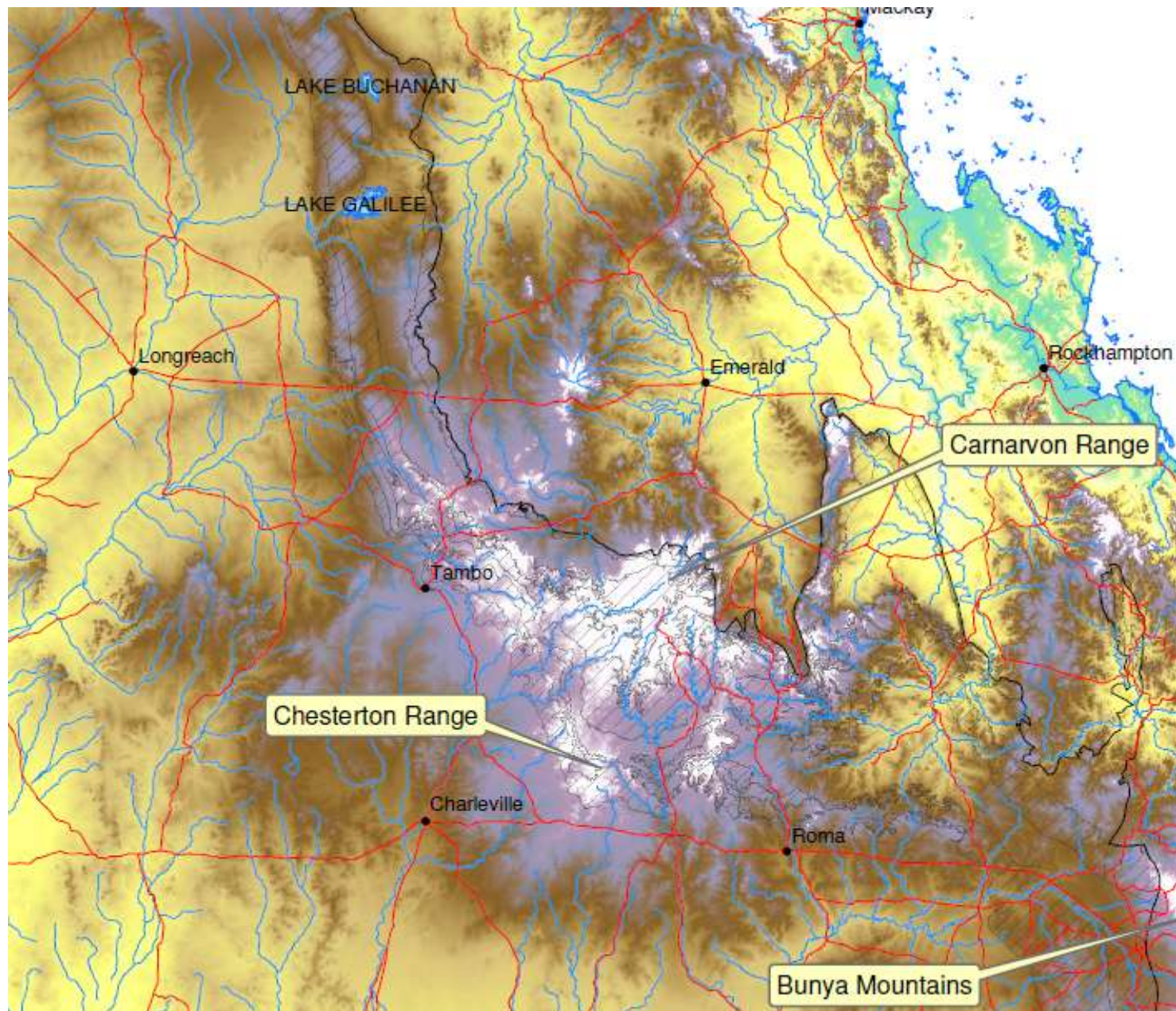


Következtetések

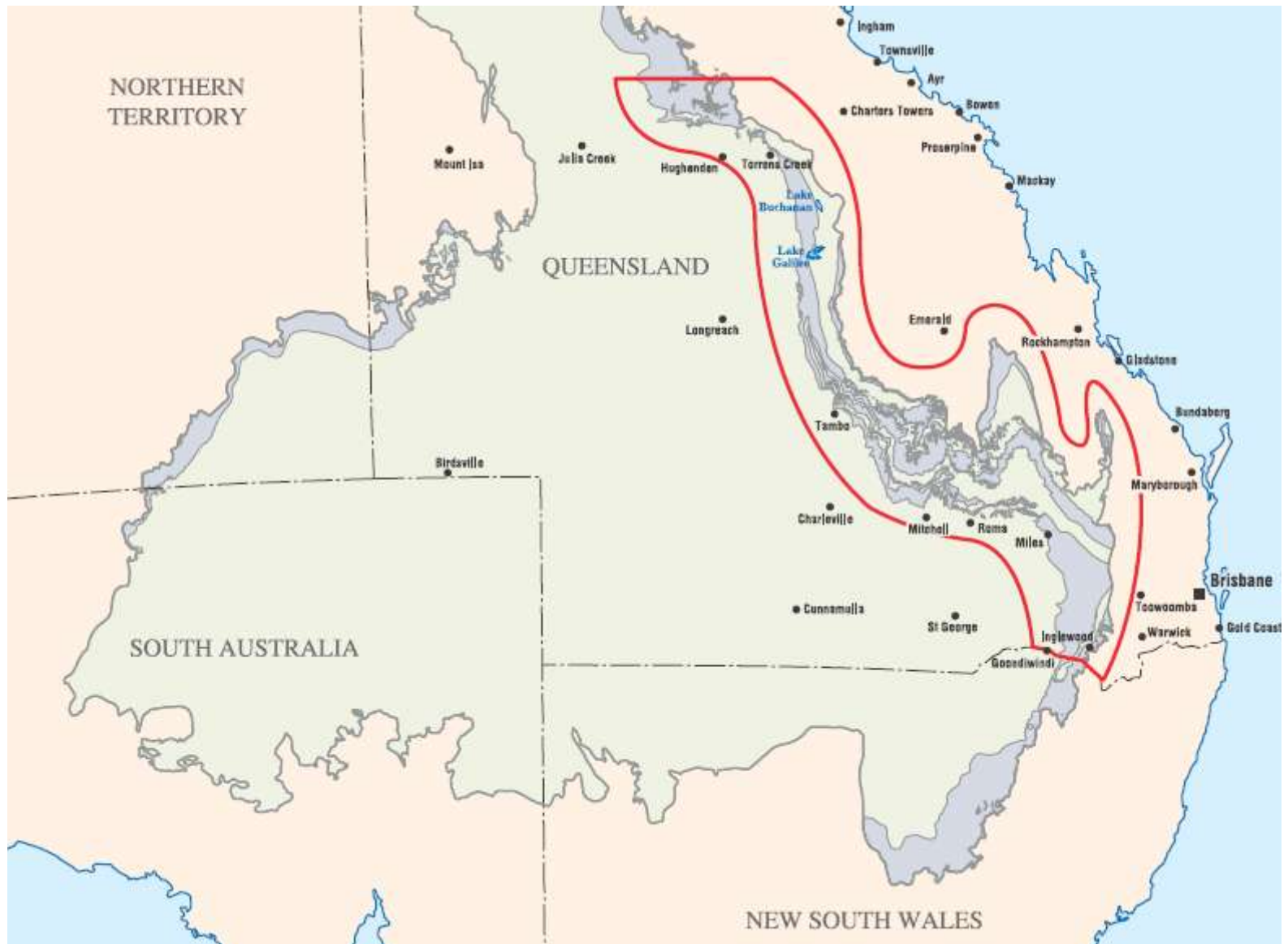
- A zagytározóból való szivárgás okozza a vízszint növekedést és a vízminőség romlását
- A szivárgó hozam 80-1250 m³/nap
- Permeábilis homoktest feltételezhető a modell alapján a zagymedencétől keletre
- A homoktestbe intenzívebb az átszivárgás (GWB048, GWB08)
- További 3-6 méteres vízszint emelkedés várható az elkövetkező 5 évben
- A homoktest és a víztározó között elnyúló agyagtest jelentősen csökkenti a környezeti hatásokat
- Javaslat: Transzport modellezés!

3. Esettanulmány: Külszíni és felszín alatti szénbánya, QLD, Ausztrália

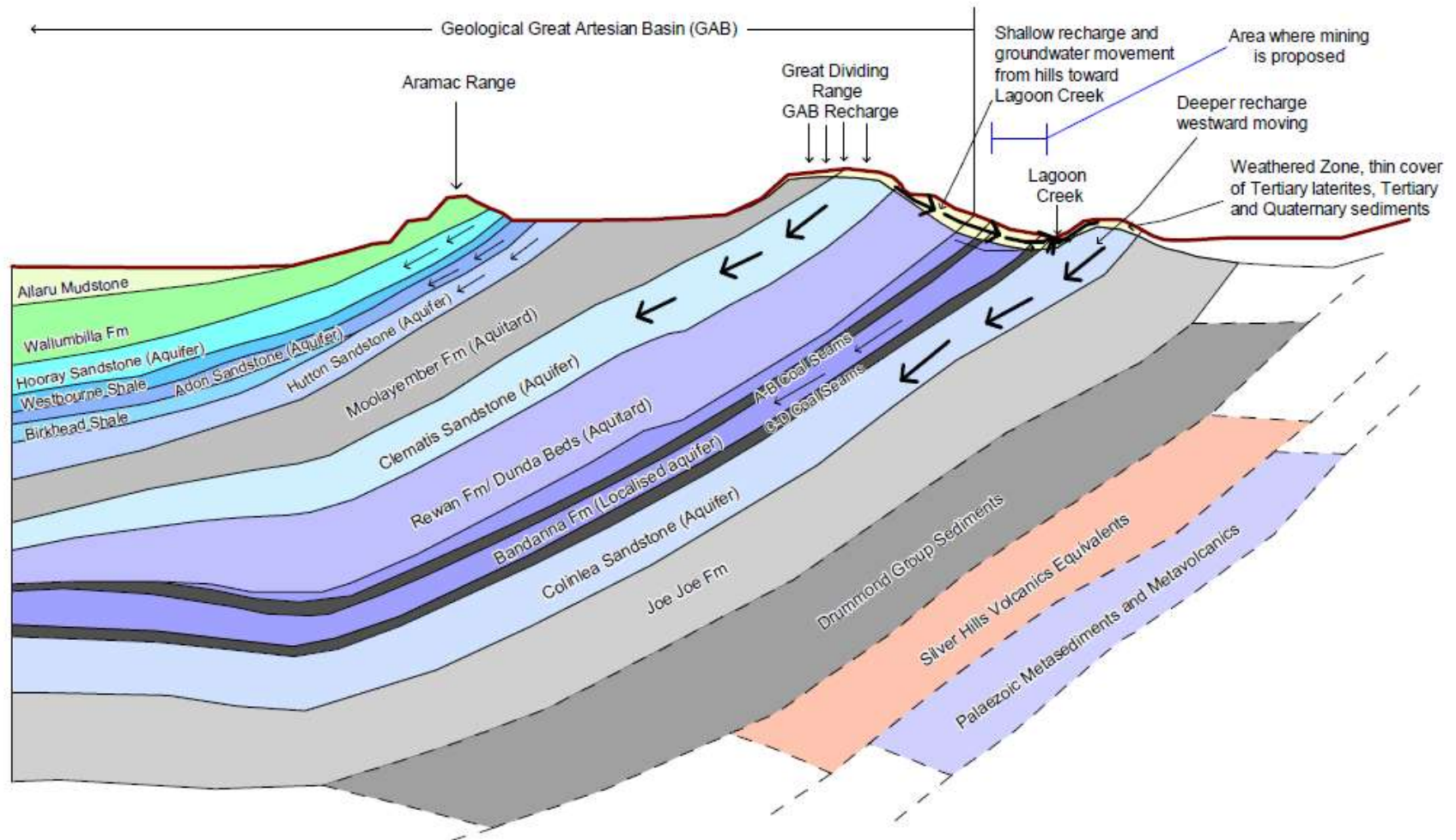
- Helyszín: Galilee Basin NSW, Australia
- Földtan: Permi kőszén
- Művelés: Külszíni + felszín alatti (30 megatonna/év)
- Szituáció: Bányanyitás előtti felderítő kutatás
- Probléma: Potenciális környezeti hatás (GAB=Nagy Artézi Medence), jelentős vízbeáramlás
- Kérdés: Vízbeáramlás mértéke? Depresszió tér és időbeli alakulása? Bányatavak szintjének alakulása a projekt befejezése után?
- Alkalmazott szoftver: FEFLOW



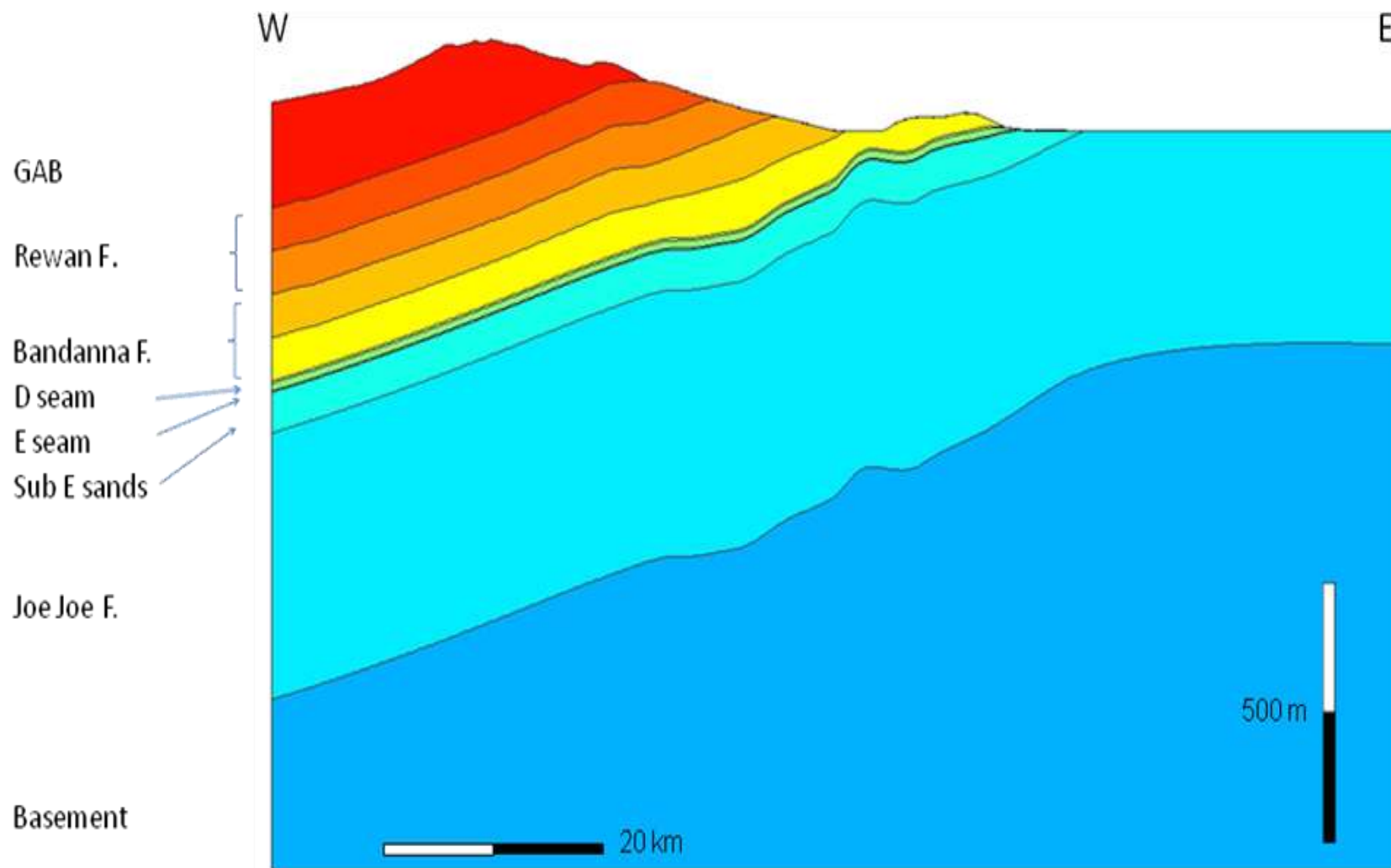
A GAB utánpótlódása



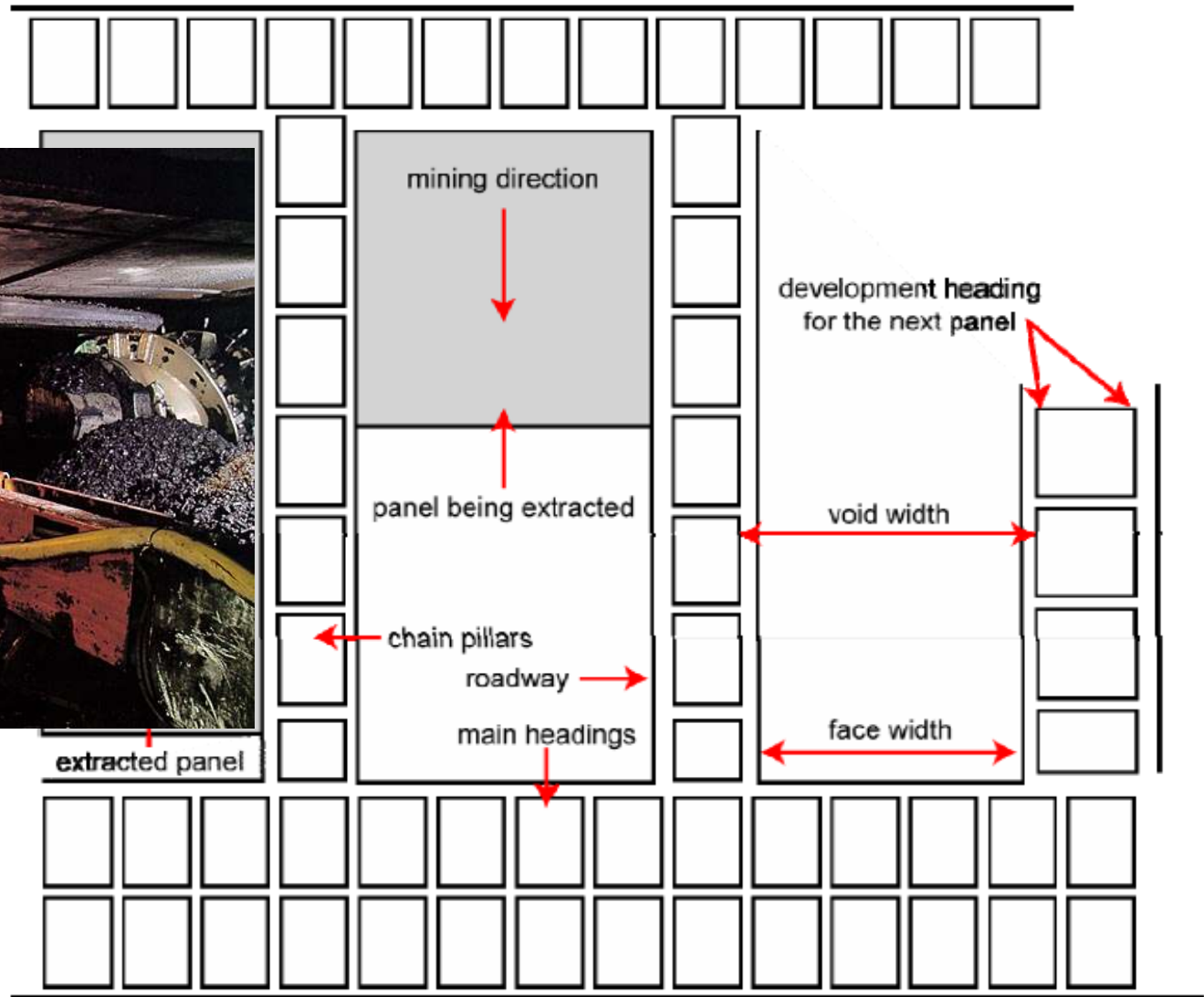
Hidrosztratigráfia



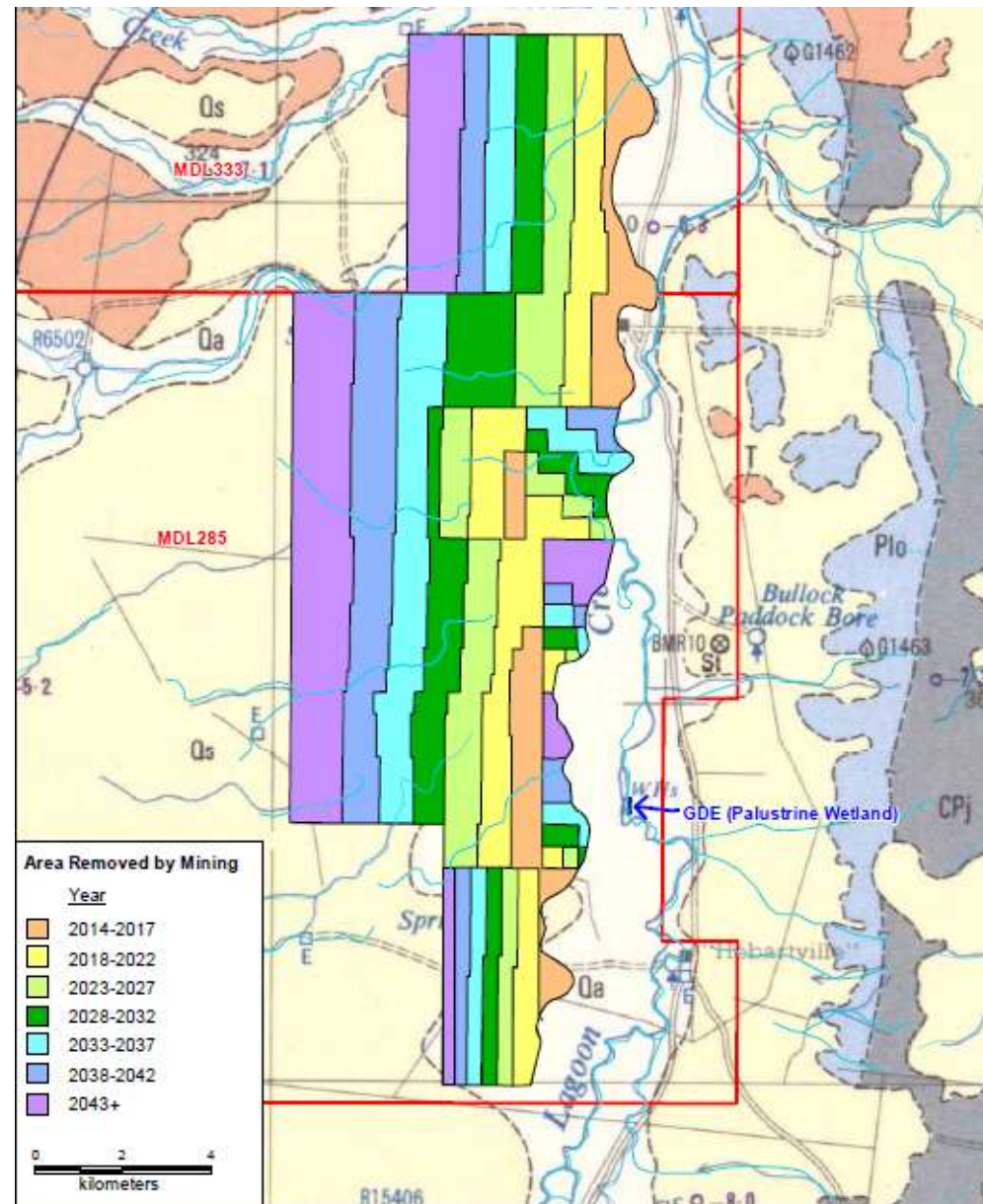
Modell geometria



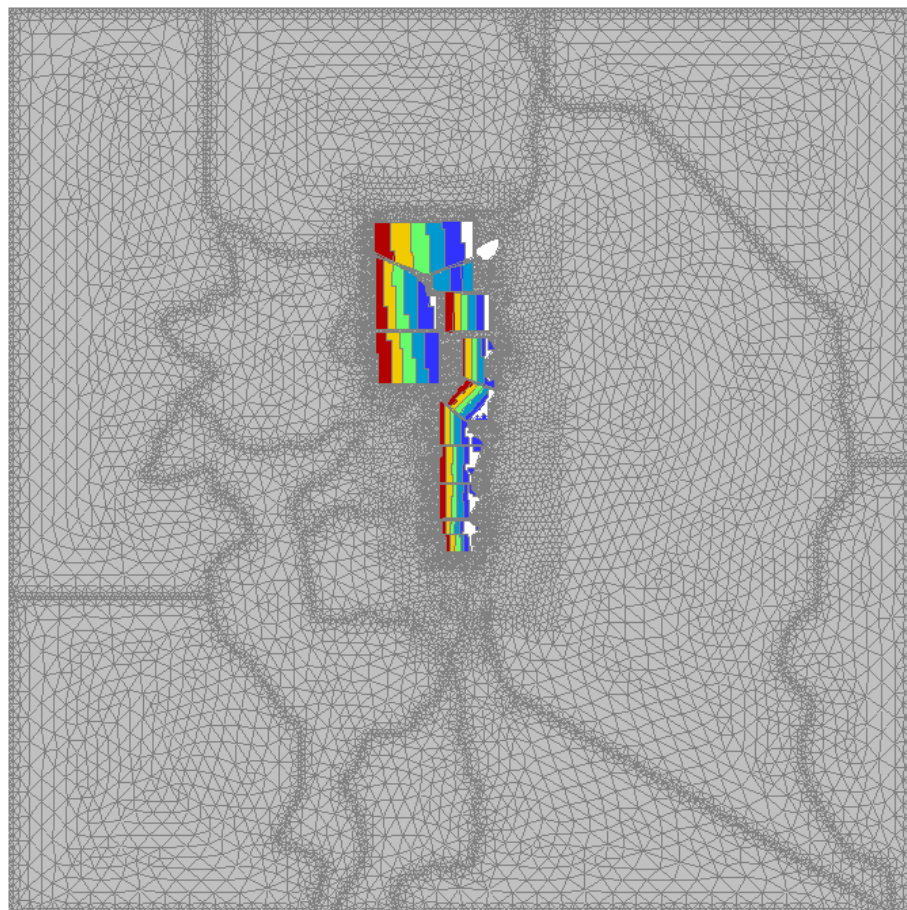
Longwall bányászat



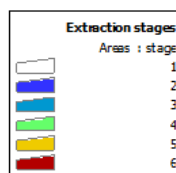
Longwall bányaterv



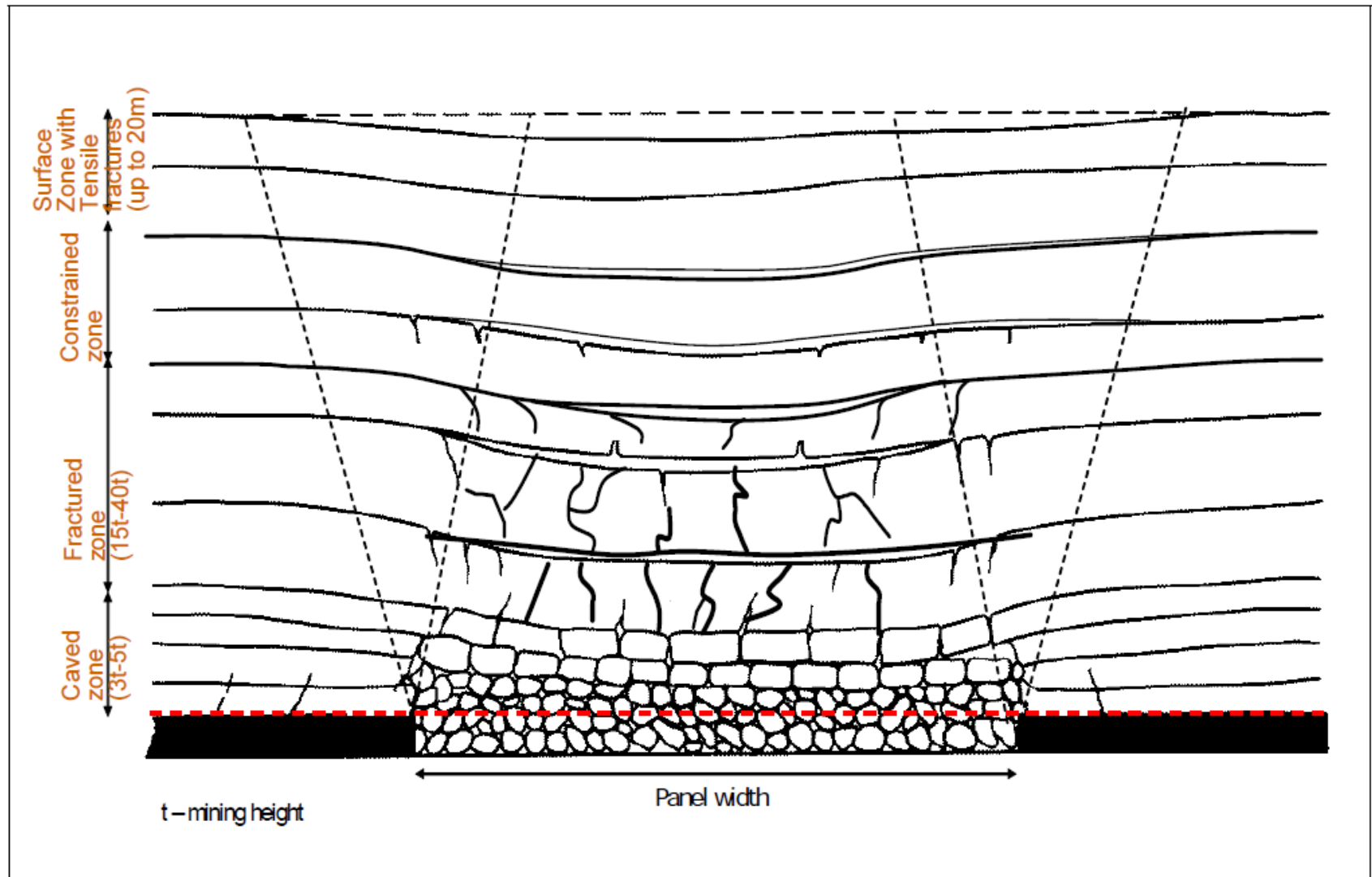
Időbeli változások



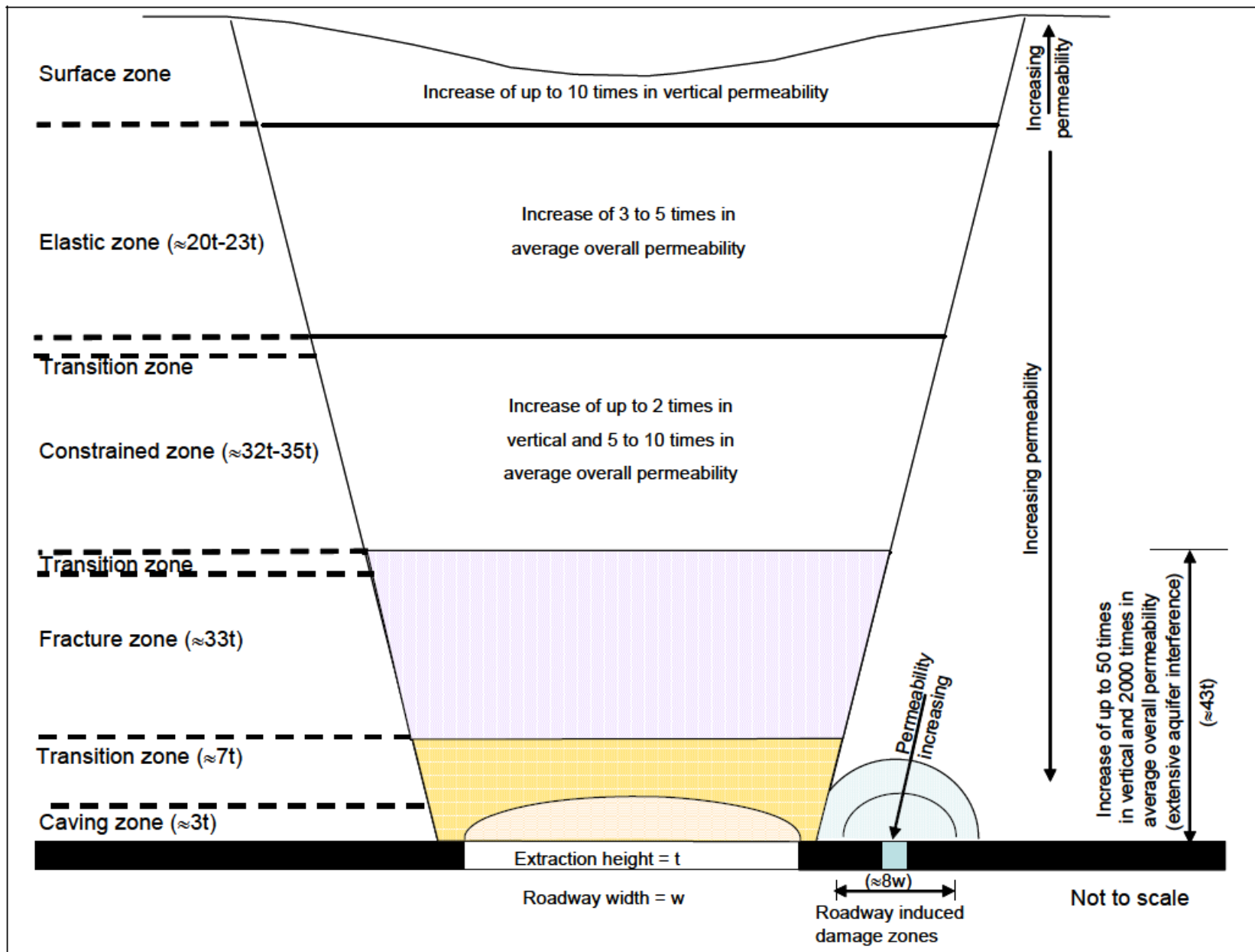
Mining stage	Financial years ending 30 June	Years from start
1	2013-2018	0-6
2	2019-2023	6-11
3	2024-2028	11-16
4	2029-2033	16-21
5	2034-2038	21-26
6	2039-2043	26-31



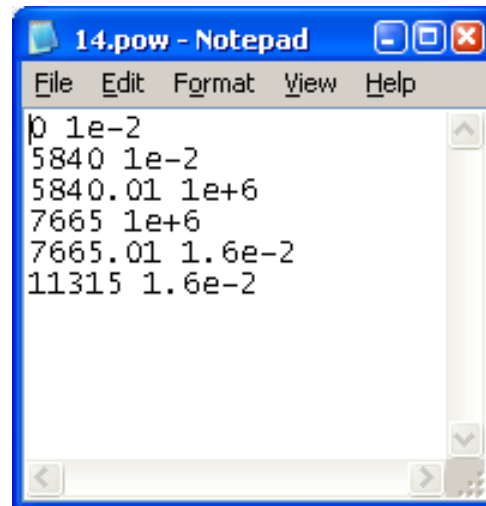
Felszín alatti bányászat geotechnikai hatásai



Felszín alatti bányászat hatásai a hidraulikai paraméterekre

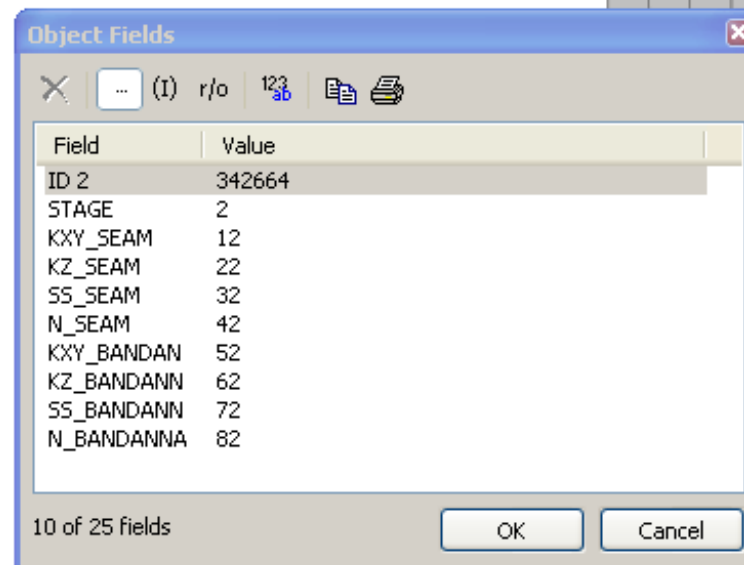
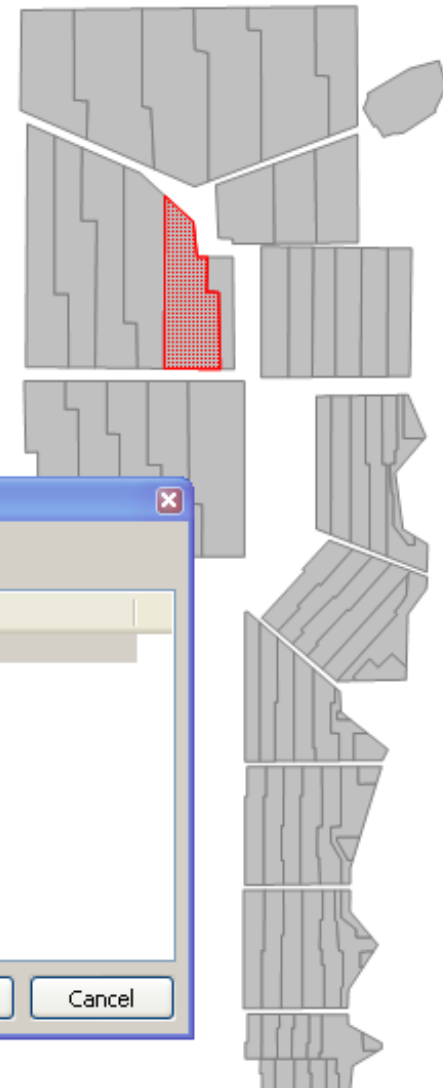


Időben változó hidraulikai paraméterek kezelése FEFLOW-ban



14.pow - Notepad

```
File Edit Format View Help
0 1e-2
5840 1e-2
5840.01 1e+6
7665 1e+6
7665.01 1.6e-2
11315 1.6e-2
```



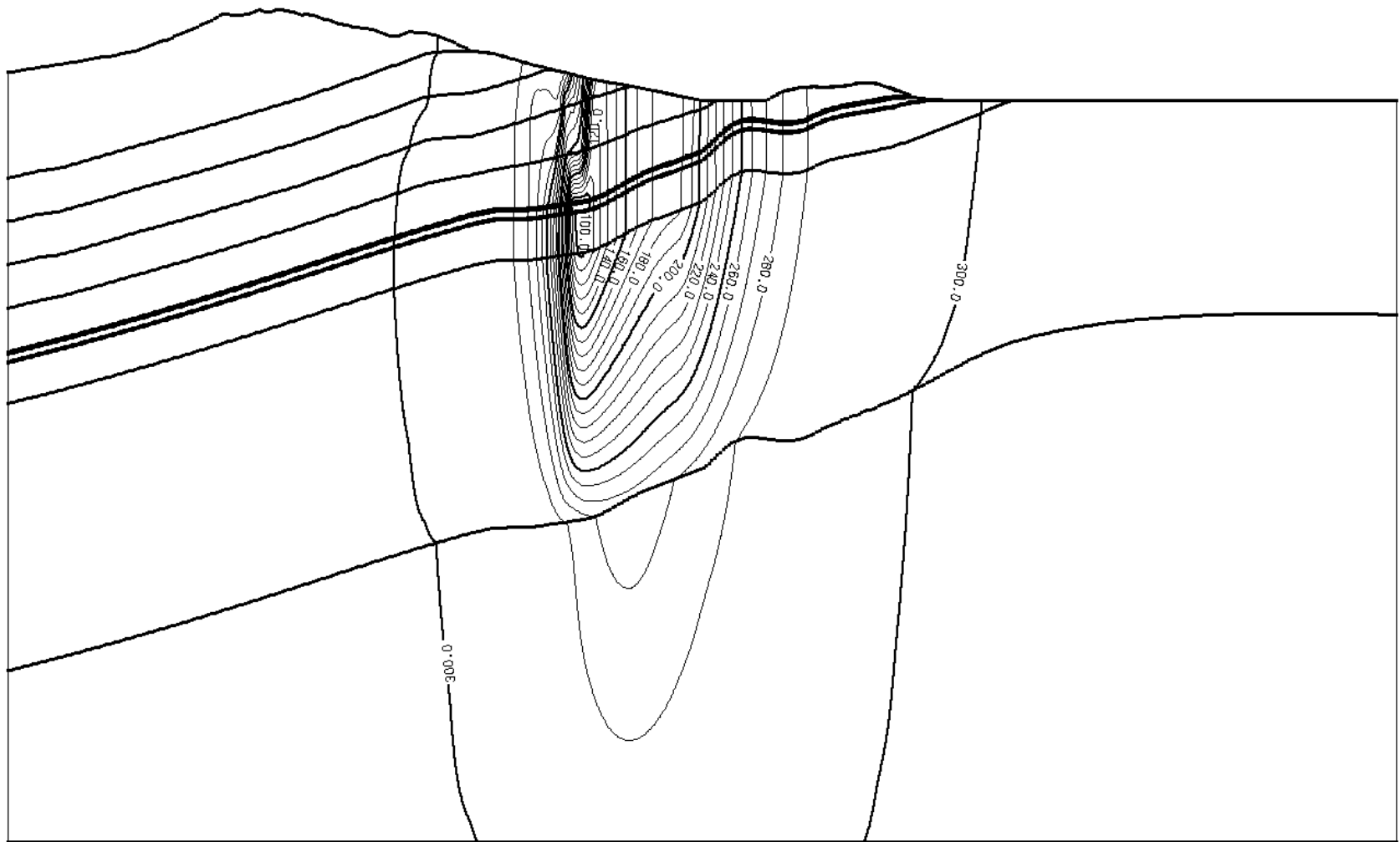
Object Fields

Field	Value
ID 2	342664
STAGE	2
KXY_SEAM	12
KZ_SEAM	22
SS_SEAM	32
N_SEAM	42
KXY_BANDANN	52
KZ_BANDANN	62
SS_BANDANN	72
N_BANDANNA	82

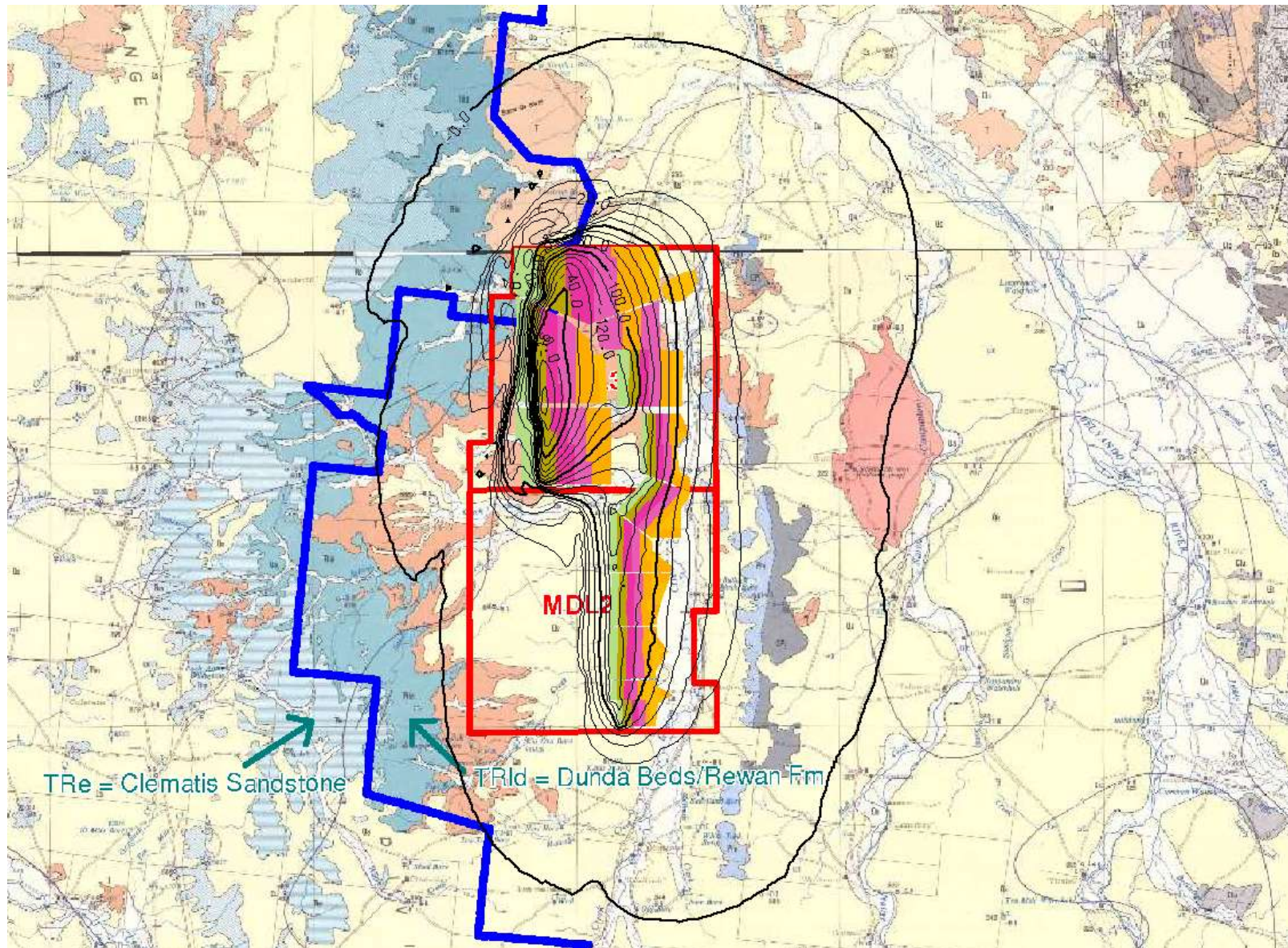
10 of 25 fields

OK Cancel

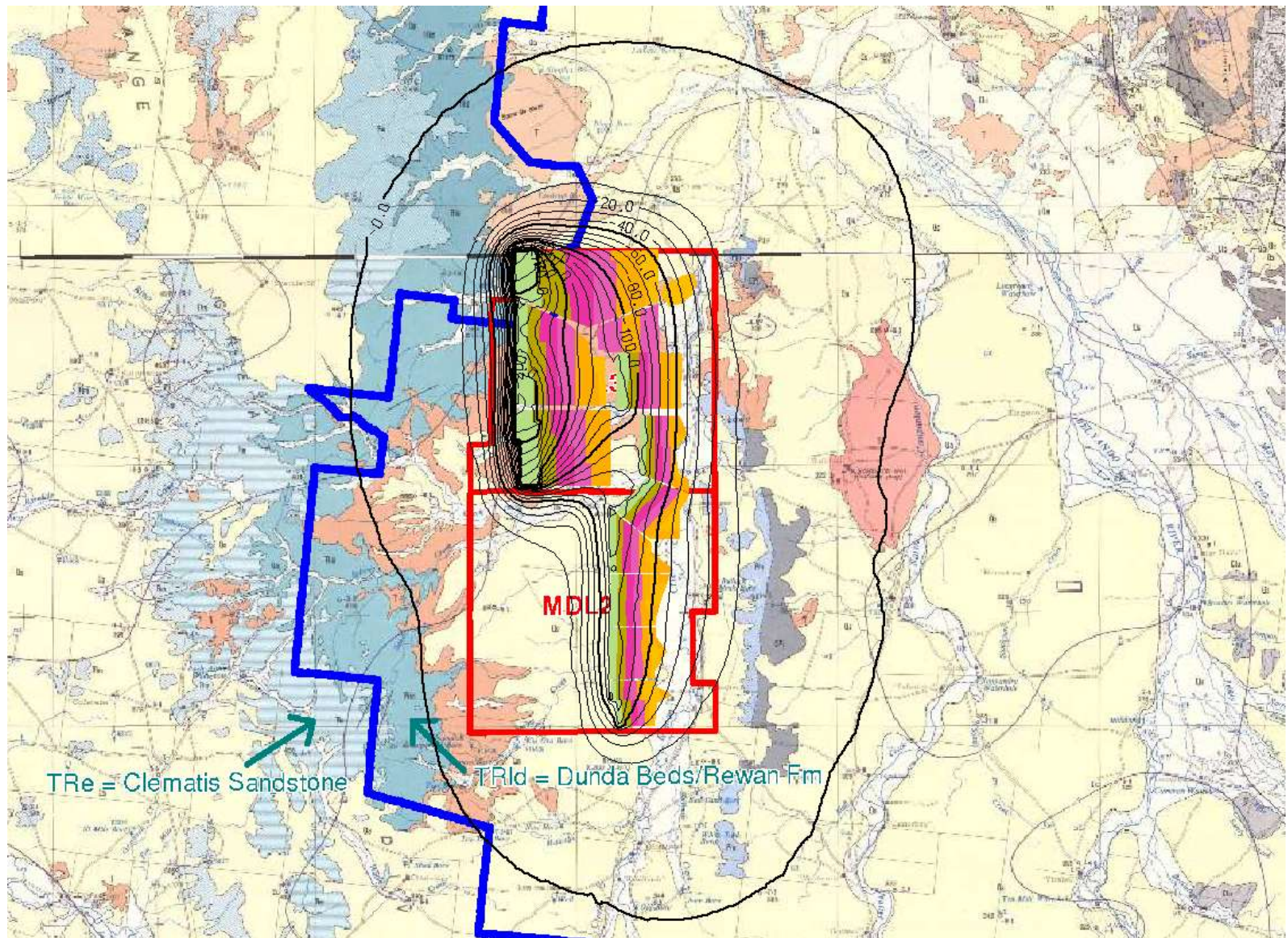
Szimulált potenciál szelvény t=31 év



Víztükör szimulált depressziója t=31 év

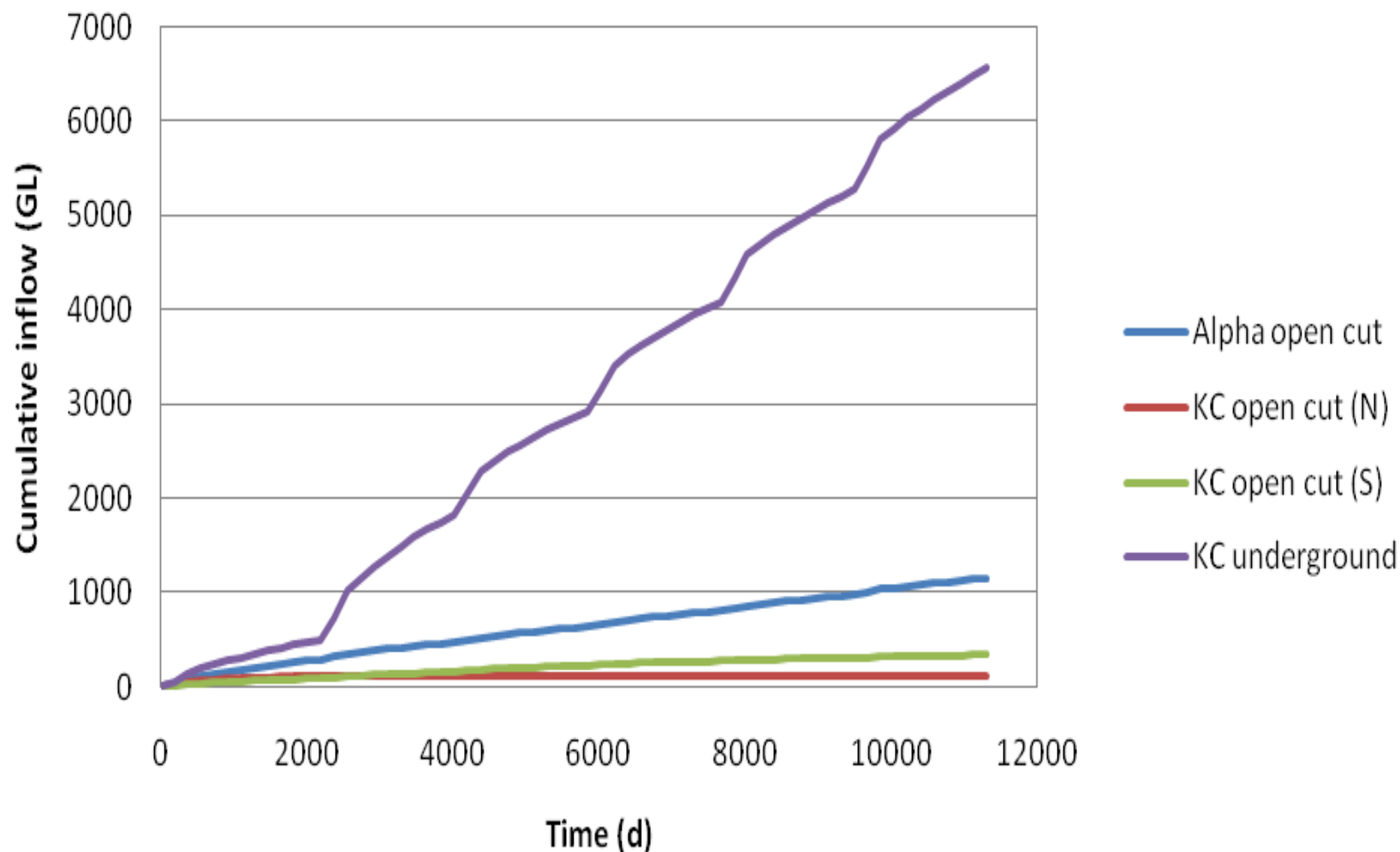


Szimulált nyomásdepresszió t=31 év, Bandanna F.



Szimulált vízbeáramlás

Scenario 1



Bányatavak hatásának modellezése (final void)

$$\frac{\partial V}{\partial t} = A(h) \frac{\partial V}{\partial t} = A_p P + A_c R P + Q_{gi} - A(h) C E - Q_{go}$$

P csapadék,

A_p üreg kerülete,

R lefolyási együttható,

A_c vízgyűjtő terület,

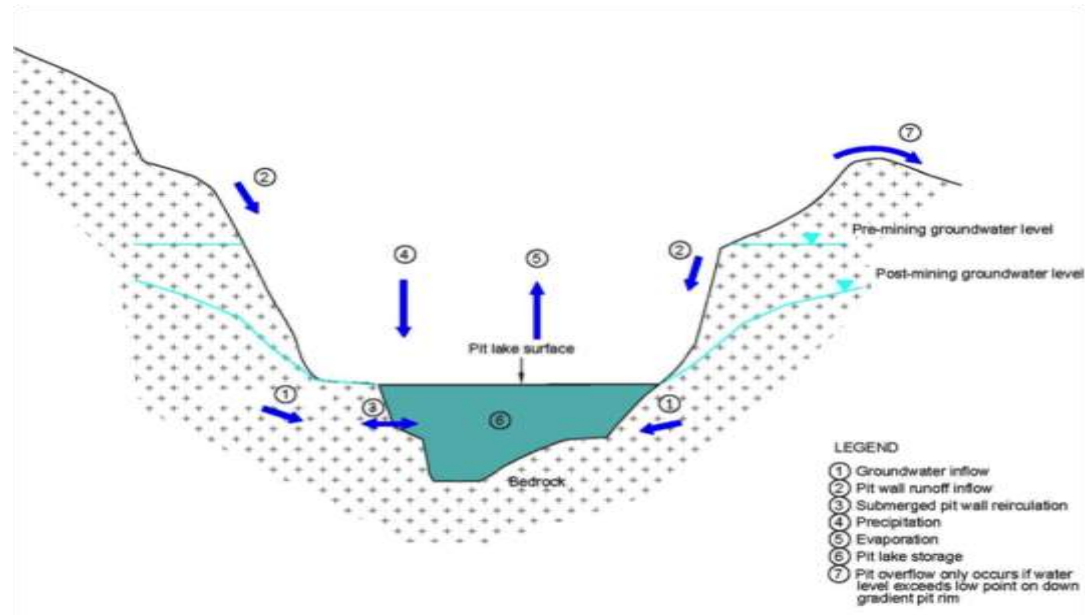
Q_{gi} felszín alatti
vízbeáramlás,

A üreg területe,

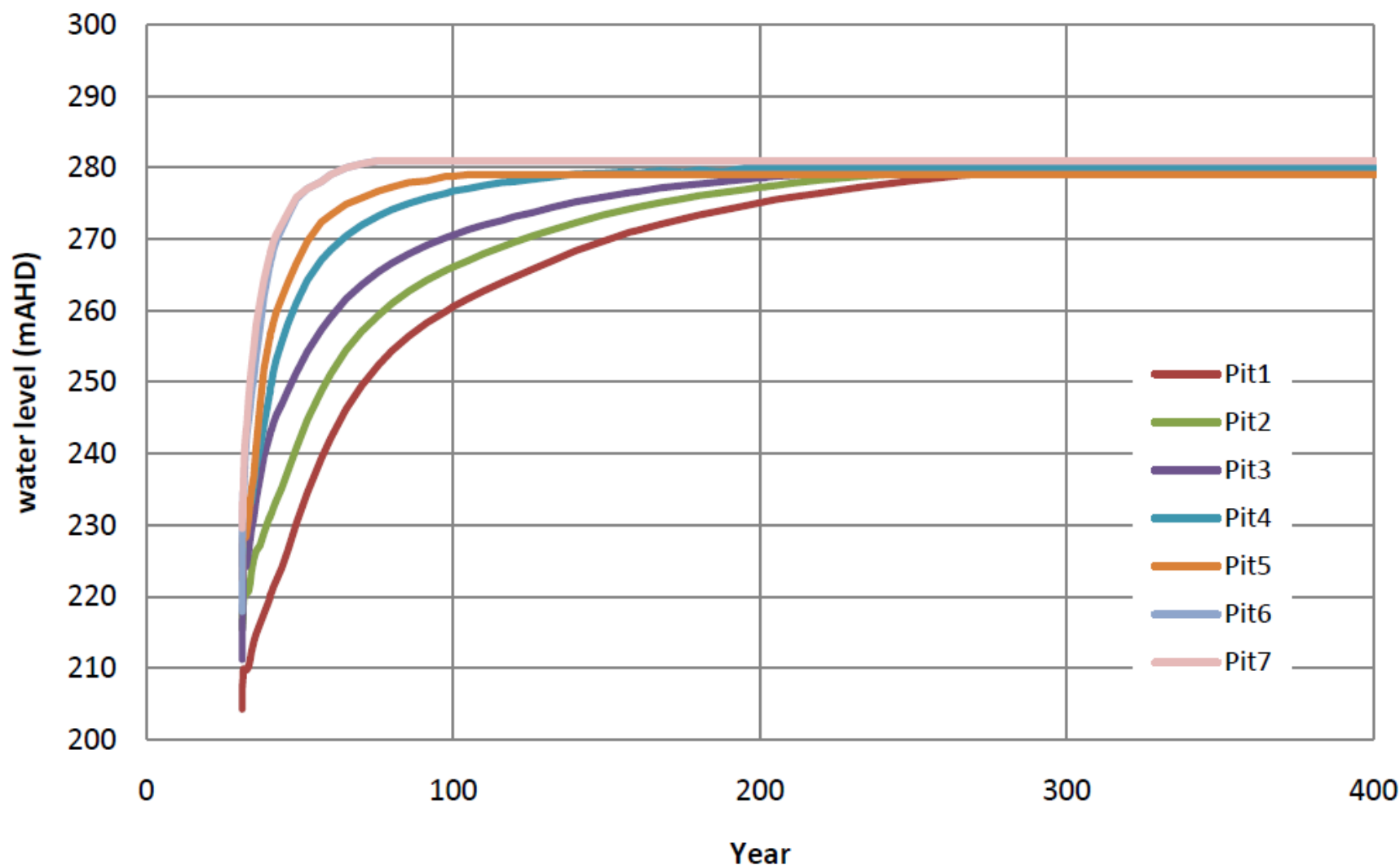
Q_{go} felszín alatti víz elfolyás,
 h üreg vízszintje,

E párolgás,

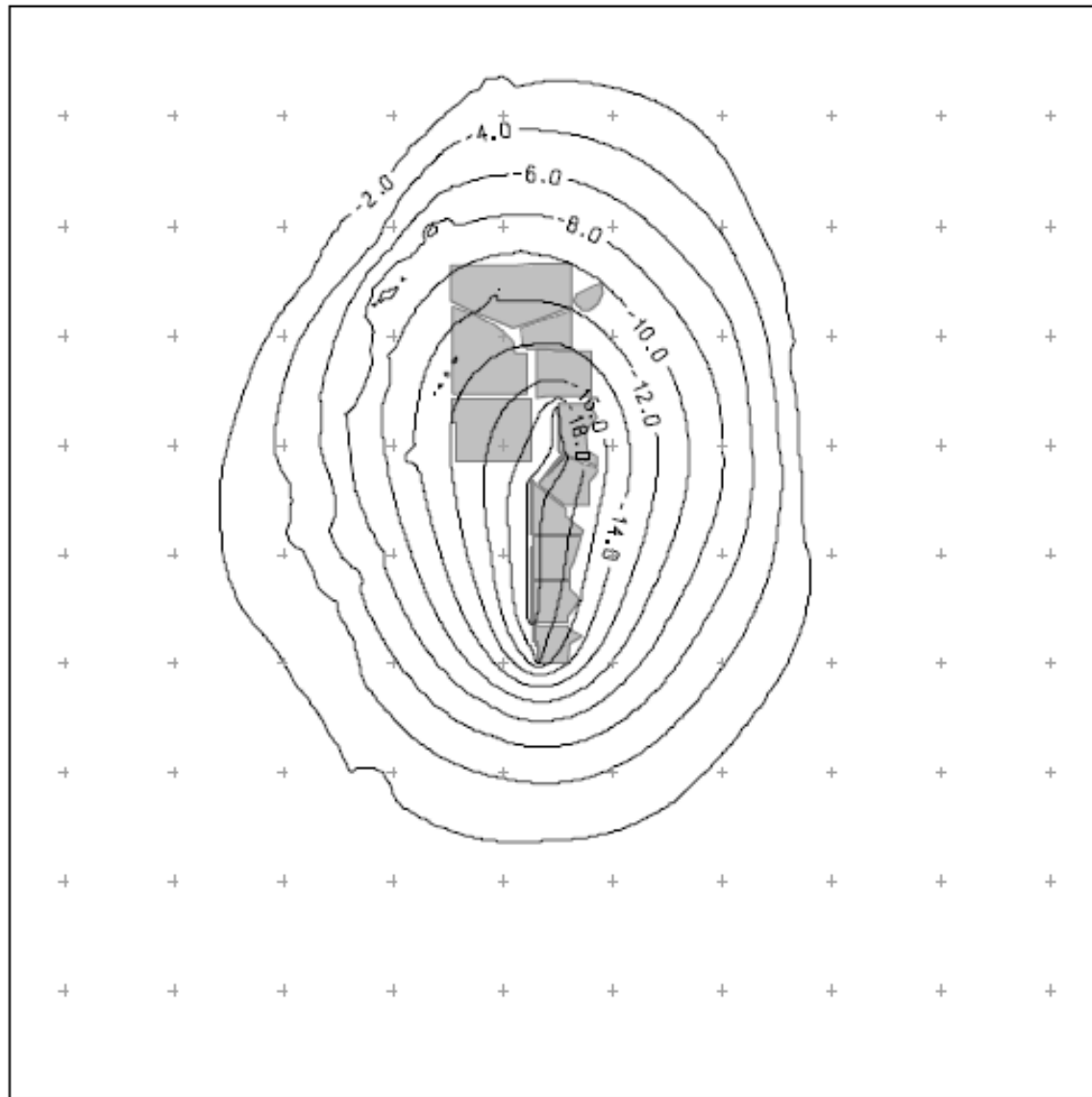
C pan-to-lake együttható



Szimulált vízszintek a bányatavakban



Egyensúlyi depresszió, $t=300$ év



Modellezési Tanulságok

- A felszíni bányáüregek szimulációjára
 - FEFLOW: seepage BC (fixed $H=Z$ + kondicionált $q>0$)
 - MODFLOW: Drain BC
- Üregek paramétereit: $K \gg 1$, $S_y=1$
- Időben változó geometria:
 - FEFLOW: Time-dependent parameters, time-dependent BC
 - MODFLOW: szakaszos modellezés
- Felszín alatti bányák:
 - FEFLOW: telítetlen zóna modellezése
 - MODFLOW: nem alkalmas (surfact: pszeudo-telítetlen modellezés ?)
- Bányatavak modellezése:
 - FEFLOW: egyenletszerkesztő modul
 - MODFLOW: LAKE package

Köszönöm a figyelmet!

