

Hidrogeológia IV.

Szanyi János – Kovács Balázs

szanyi@iif.u-szeged.hu

www.gama-geo.hu/kb/

Áramlási rendszerek

A Laplace egyenlet tárgyalásánál láttuk, hogy ha egy vízadó rendszerben megváltozik a nyomás, akkor a rendszer a változás kiegyenlítésére törekszik. A változás végigfutásának ideje számítható.

Következményei:

- nagy kiterjedésű áramlási rendszerek kialakulása,
- szisztematikus hő és kémiai képek kialakulása

Áramlási rendszerek tanulmányozásának eszközei:

- matematikai analízis,
- hidrodinamikai paraméterek mérése

Analitikus megoldások – Tóth féle modell

Hidrodinamikai paraméterek medencebeli eloszlása

Az egyszerűbb tárgyalás érdekében két dimenzióban vizsgáljuk az áramlási rendszereket. Továbbiakban Tóth József (1963) terminológiáját követjük.

Vegyük fel az Egység Medencét (Unit Basin), mely a következő tulajdonságokkal rendelkezik:

- egyenes lejtő határolja (a víztükör is egyenes lejtésű!),
- homogén (egy féle üledék alkotja)
- izotróp (fizikai tulajdonságai a tér minden irányában azonosak),
- impermeábilis határokat tételezünk fel, kivéve a felszínt (alulról és oldalról nincs hozzááramlás sem eláramlás, csak a felszíni csapadék táplálja és ez a mennyiség el is távozik a felszínen keresztül).

Ezek a feltételek talán túl szigorúak, azonban az egyszerűsítések következtében az áramlási rendszerek matematikailag is értelmezhetővé válnak. Azonkívül a nagy üledékes medencékre jó közelítést ad.

Matematikai megközelítés

Az így megadott medencére érvényes a Laplace egyenlet kétdimenziós alakja:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \text{Ezt a differenciálegyenletet kell megoldani h-ra!}$$

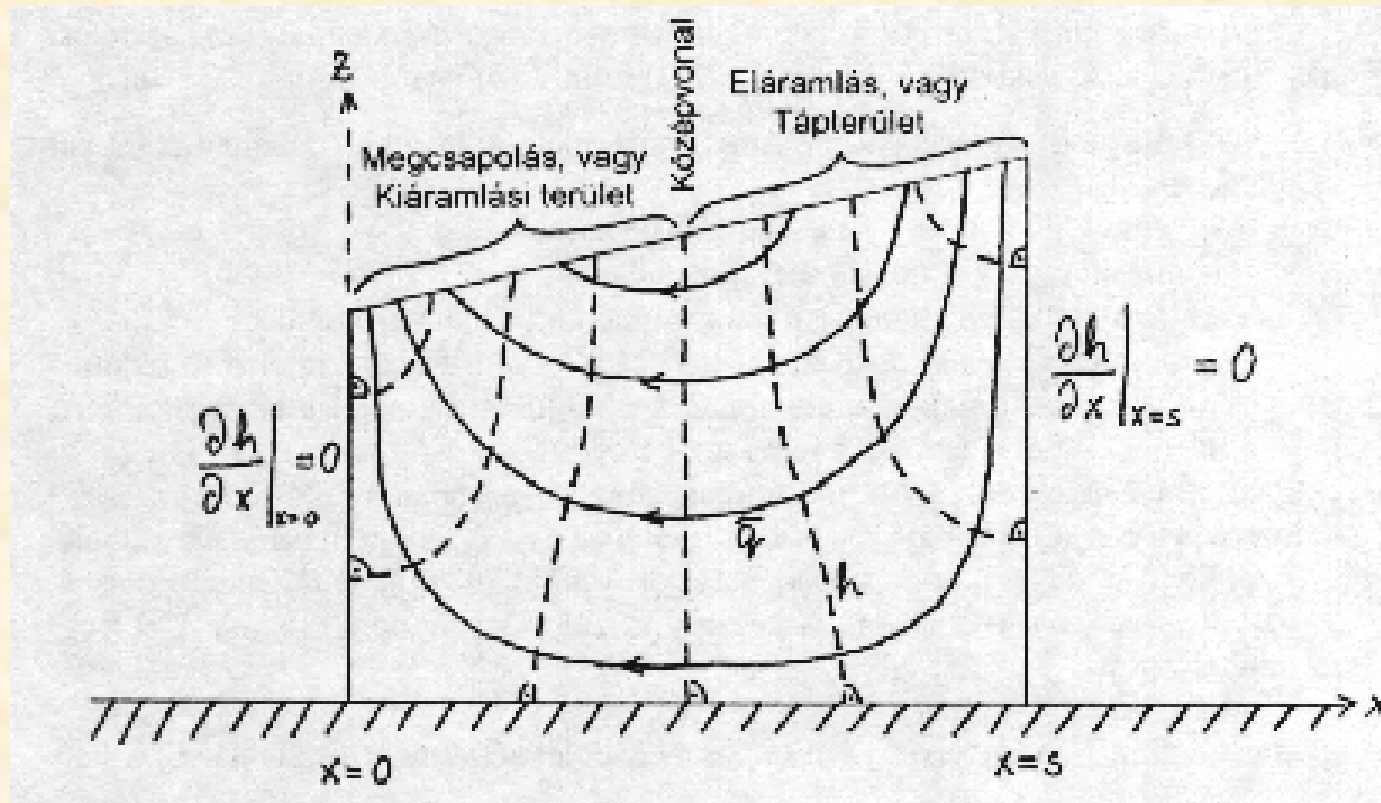
A határfeltételekből következik, hogy a medence szélein és az alján a hajtóerő zérus:

$$\left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_{x=0,S} = 0; \quad \left. \frac{\partial h}{\partial z} \right|_{z=0} = 0$$

Tehát az ekvipotenciális vonalak merőlegesek az alsó és oldalsó határokra! Azaz az áramlás iránya párhuzamos a medence peremeivel a határok mentén!

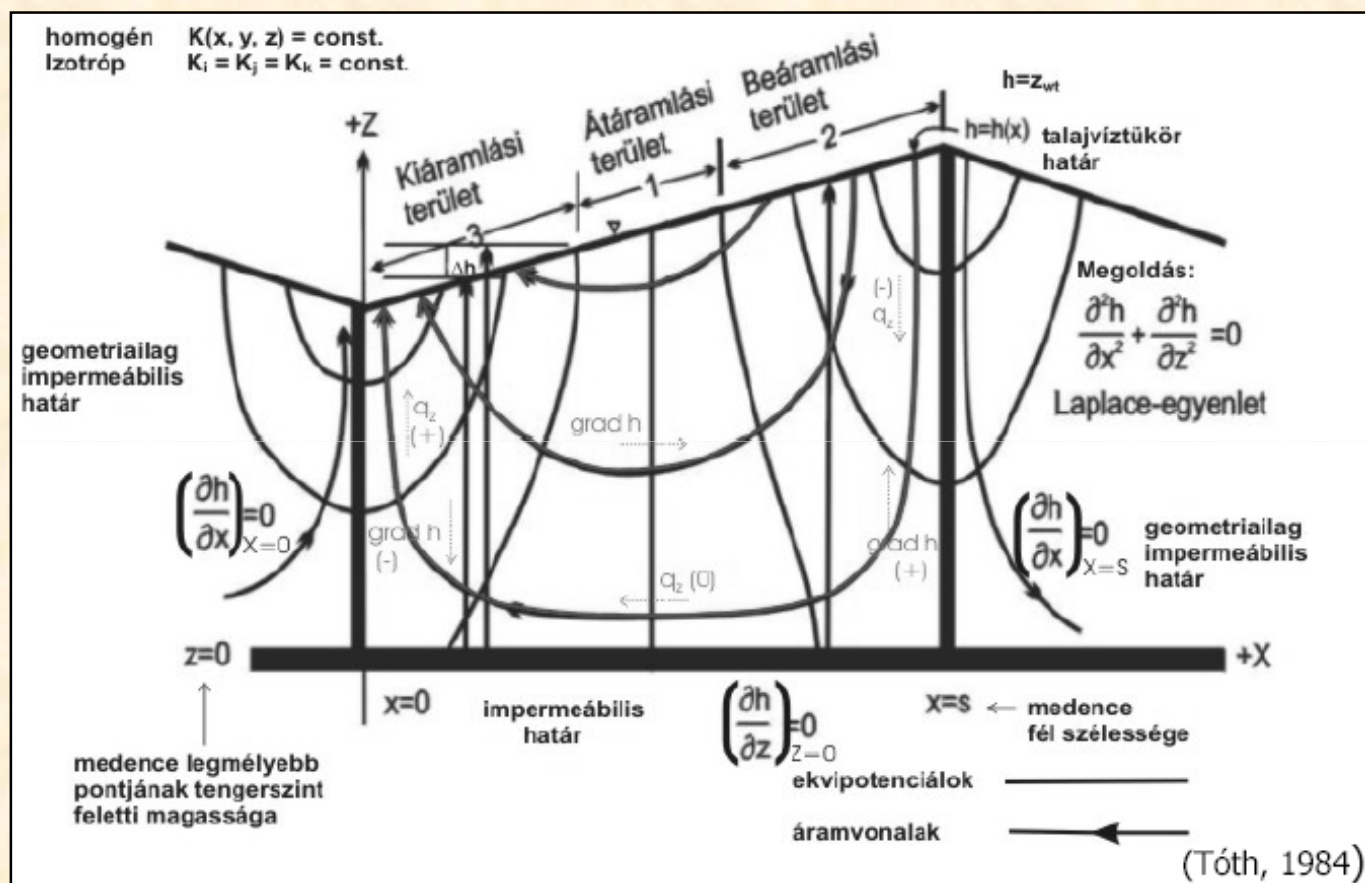
$$\vec{q} = -K \left(\frac{\partial \vec{h}}{\partial l} \right) \quad \text{ahol: } K \text{ fékező ellenállás; } \frac{\partial \vec{h}}{\partial l} \text{ hajtóerő}$$

Egység medence egyik felének képe az áramvonalakkal:



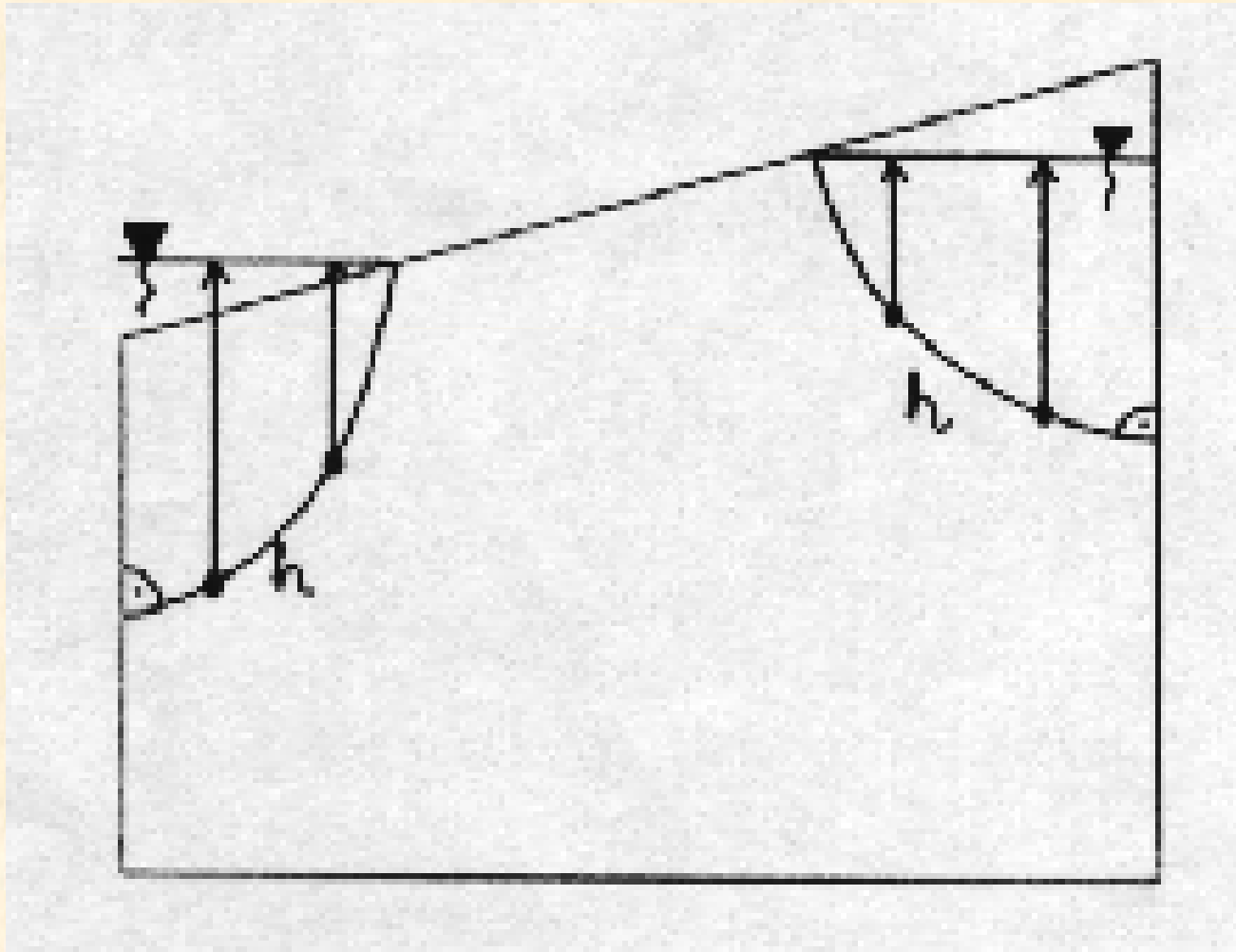
- A rajzon:
- szaggatott vonallal jelölve az ekvipotenciális vonalak, azaz ahol a hidraulikus emelkedési magasság azonos: $h = konstans$
 - folytonos vonallal jelölve az áramvonalak (fluxusok): q

A Kialakuló áramkép Tóth József (1984) ábráján



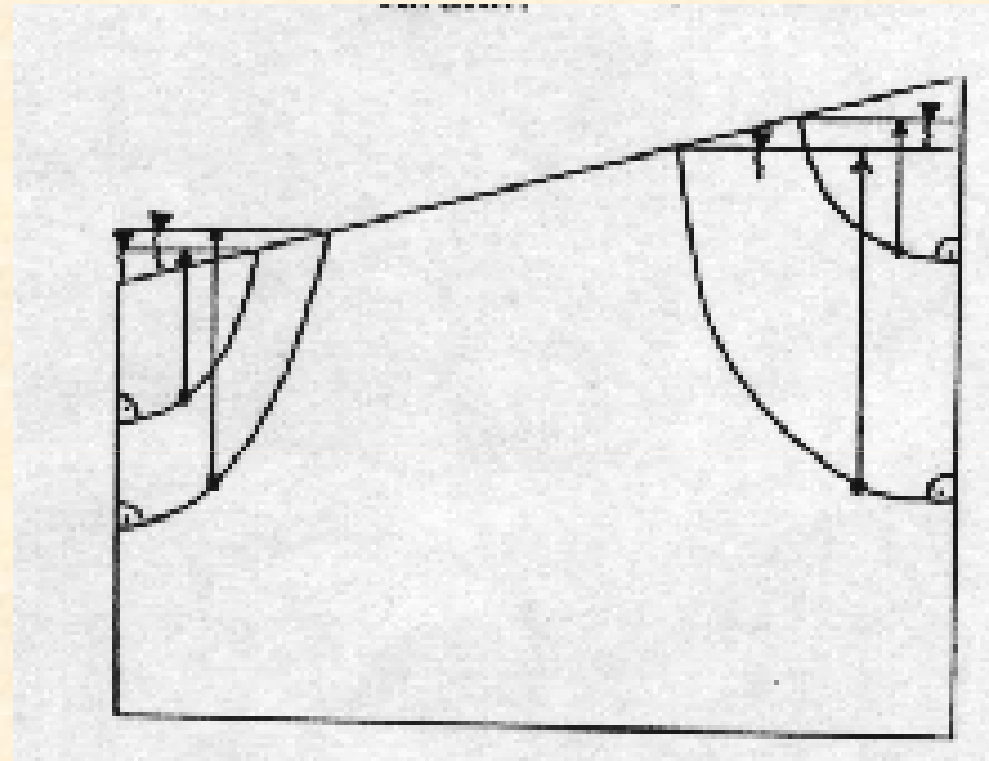
A kétdimenziós Laplace – egyenlet és a peremfeltételek segítségével a medence bármely pontján meghatározható a hidraulikus potenciál

A víztükör adott pontjából kiinduló ekvipotenciális vonal mentén a hidraulikus emelkedési magasság (h) megegyezik a kiindulási pont hidraulikus emelkedési magasságával.



Másik következmény:

A megcsapolási zónában minél mélyebbre fúrunk annál magasabbra jön fel a víz, a tápterületen pedig fordítva: annál alacsonyabbra emelkedik a víz minél mélyebbre fúrunk!

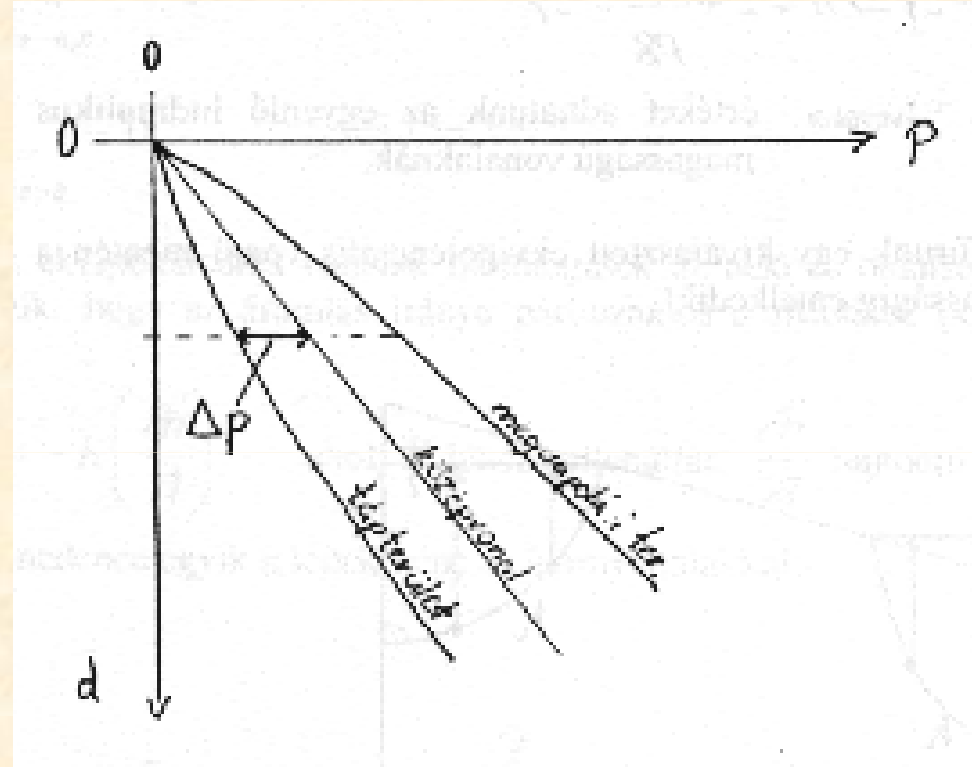


Nyomás-mélység profilok

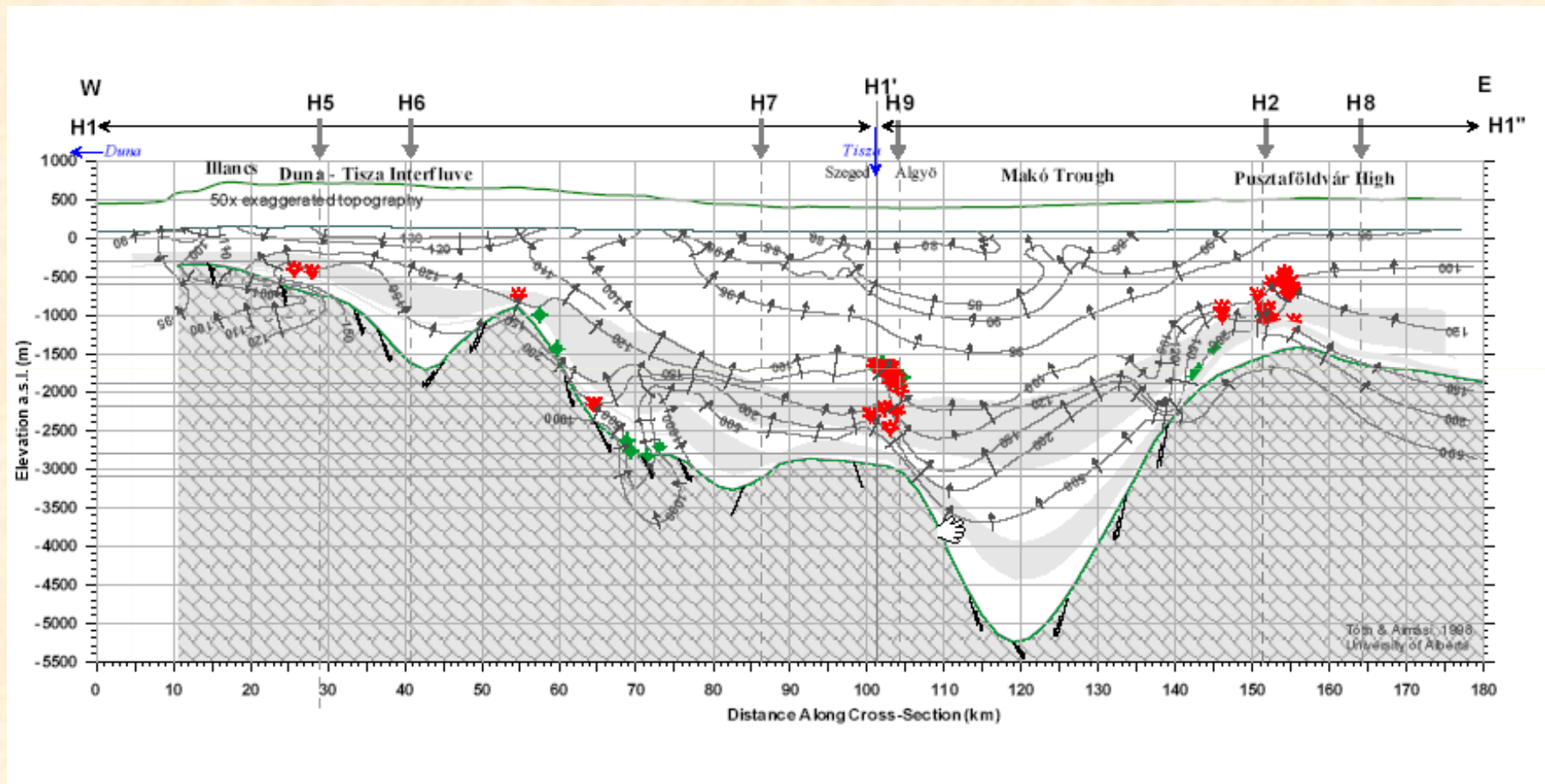
Ez a jelenség a nyomásprofilból is jól nyomon követhető, ha a mélység függvényében ábrázoljuk a nyomást.

A középvonaltól való eltérést dinamikus nyomásemelkedésnek nevezzük:

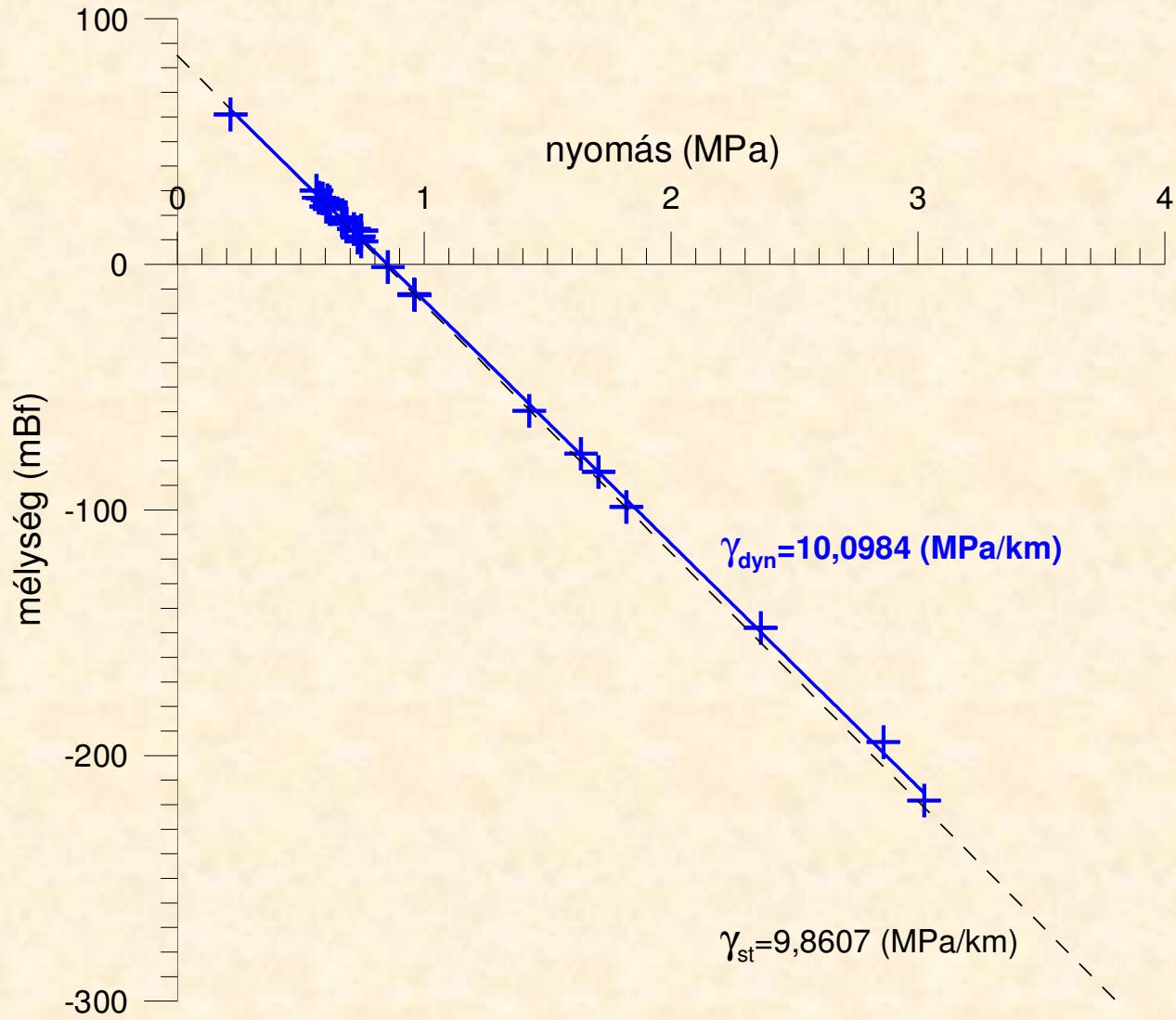
$$\Delta p = p_{\text{valós}} - p_{\text{középvonal}}$$



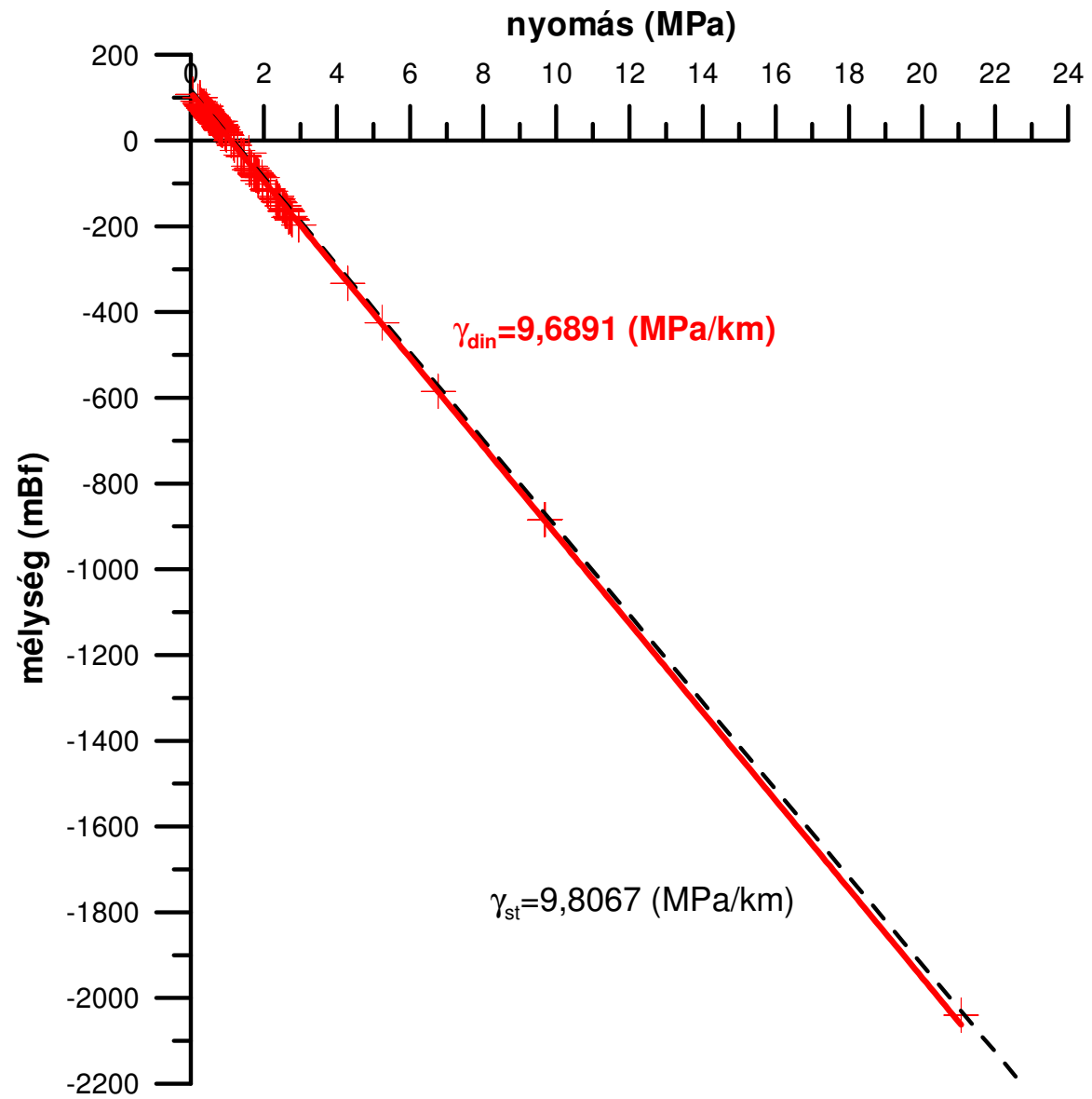
Ny-K-i irányú hidraulikai szelvény az Alföld déli részén (Tóth-Almási, 2000)



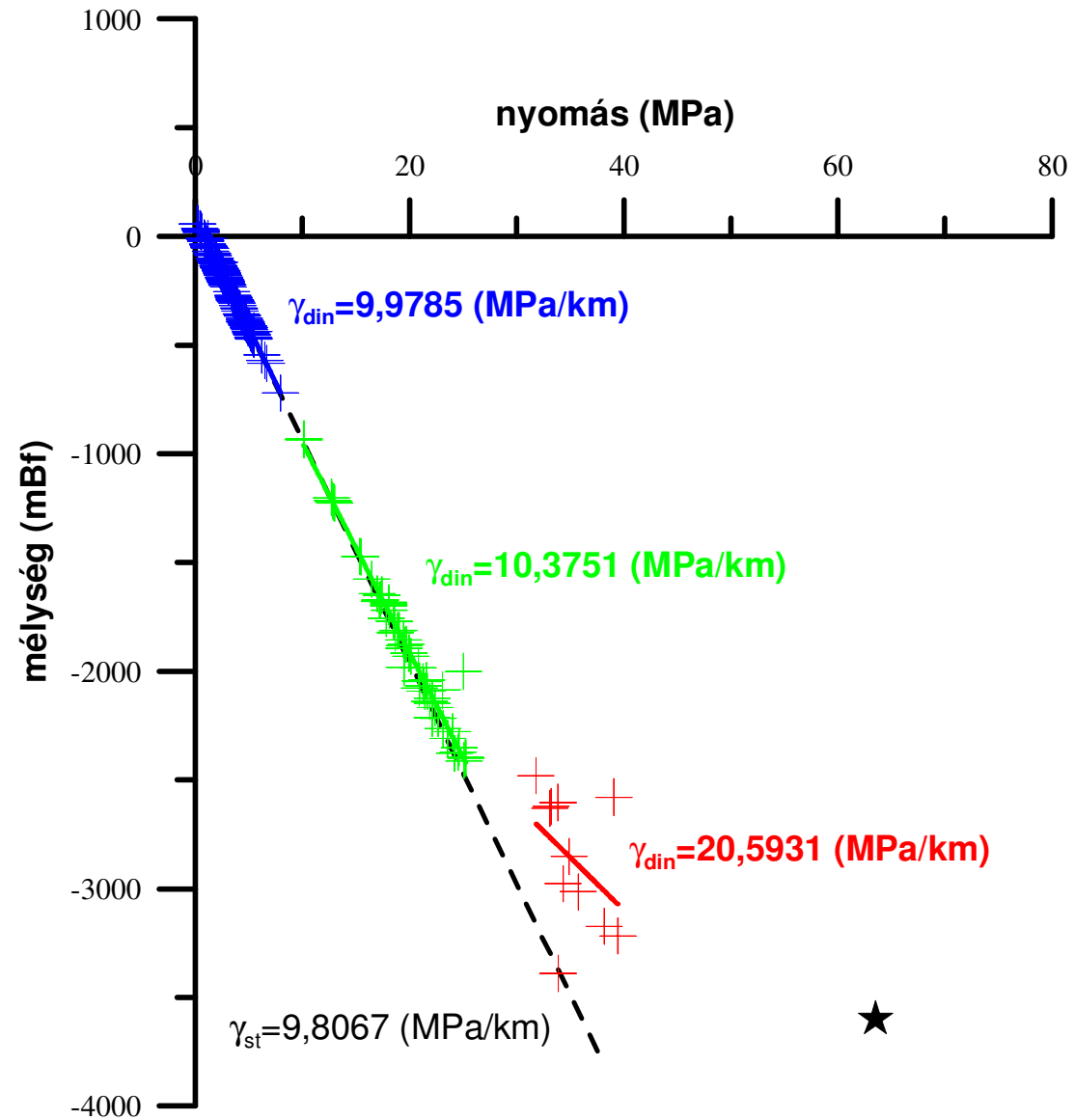
Kardoskút térségének nyomás-mélység profilja



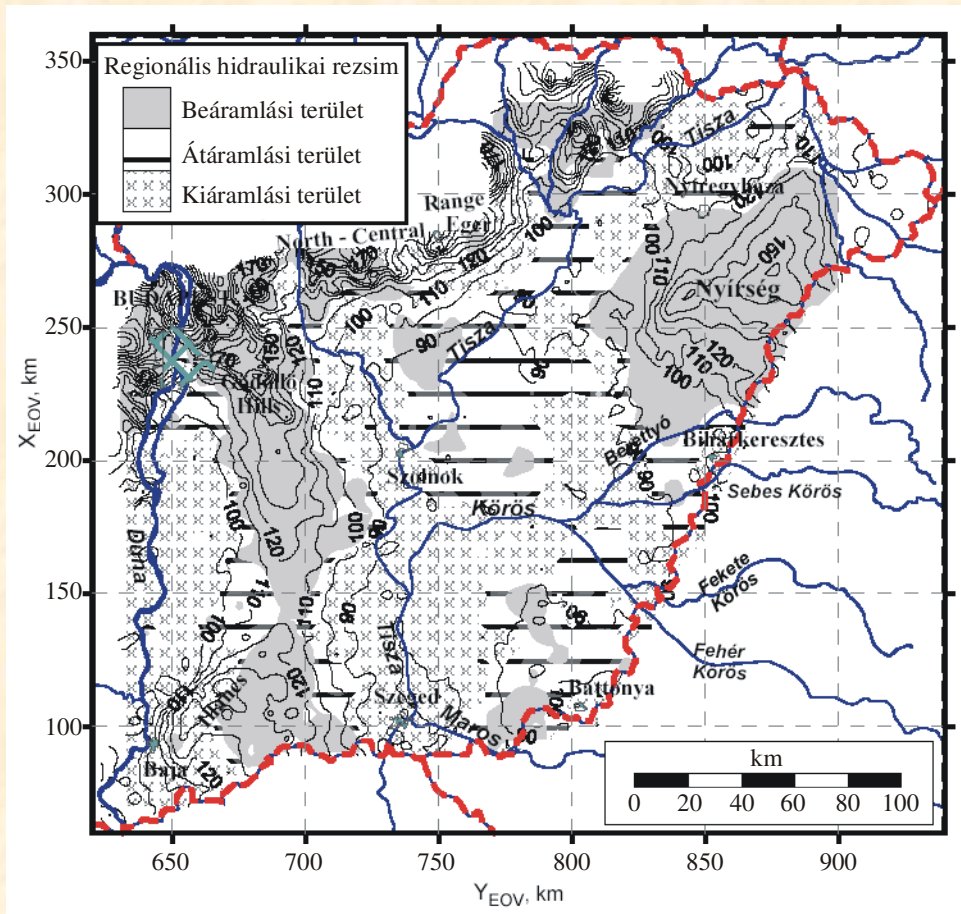
Kecskemét P(z) profilja



Algyő P(z) profilja



Hidraulikai rezsimek eloszlása az Alföldön (ALMÁSI I. 2001).



Hidraulikai rezsim:

Egy adott földtani régióhoz tartozó felszín alatti vizek térben összefüggő tartománya, az összes vizekhez kapcsolódó jelenségekkel együtt. A felszín alatti vizek fizikai (energetikai) és kémiai tulajdonságaival jellemezhető. Felszíni vetülete is értelmezhető.

Áramlási modellek

Az előzőekben tárgyalt laza üledékes egység-medencében felépülő áramlási rendszer peremfeltételeit változtatjuk. Megvizsgáljuk hogyan hat ez az áramlási rendszerre.

Az egyenes lejtő helyett vegyünk fel egy szinuszosan hullámos felszínt, ahol a mélység és a hossz aránya 1:2.

A felszín változása a víztükör hasonló undulációját vonja maga után. Így a kiemelkedések lokális beáramlási területek, míg a belső medencék lokális kiáramlási területek lesznek. A közepes mélységű áramlási rendszernek is kialakul legalább egy beáramlási és kiáramlási területe. A regionális áramlási rendszer beáramlási zónája a medence legmagasabb pontjának, míg a kiáramlási zónája a medence legalacsonyabb pontjának környékére koncentrálódik. Jól megfigyelhető, hogy van olyan terület amely lokális kiáramlási zóna, ugyanakkor regionális beáramlási zóna is egyben. Más területeken egymás mellett található a lokális, a közepes és a regionális áramlási rendszer kiáramlási zónája. Ez azt jelenti, hogy egymáshoz közel eltérő korú és jelentősen különböző kemizmusú vizeket találhatunk!

Talajvíz szinuszosan hullámos felszín alatt (Tóth J. 1963)

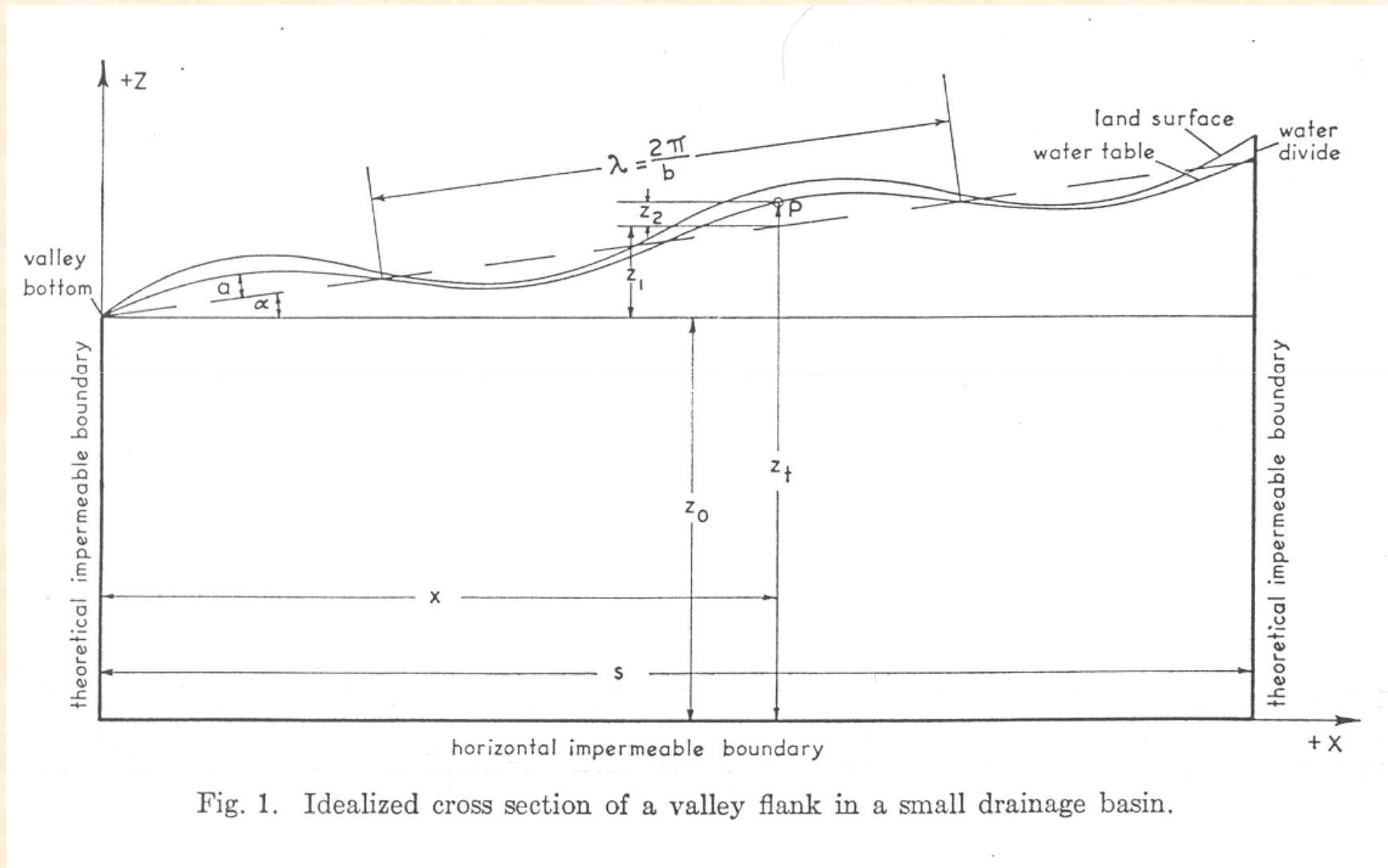


Fig. 1. Idealized cross section of a valley flank in a small drainage basin.

Analitikus megoldások - Tóth

Medencén belüli permanens szivárgás

Alapegyenlet:
$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = 0$$

Peremfeltételek:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} = 0, \quad \text{ha } x=0 \text{ és } x=s \text{ a } 0 \leq z \leq z_0 \text{ tartományban}$$

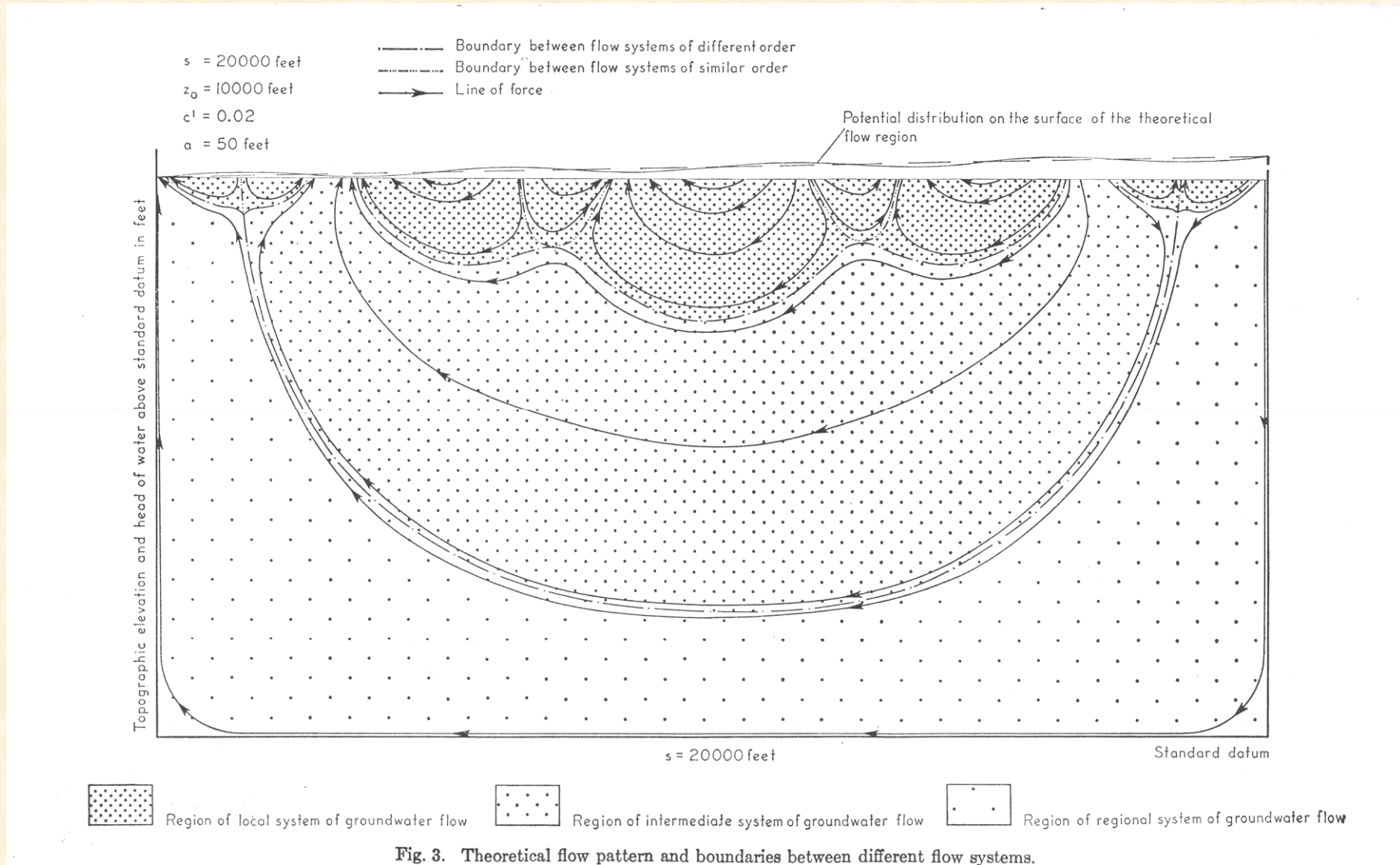
$$\frac{\partial \Psi}{\partial z} = 0, \quad \text{ha } z=0 \text{ a } 0 \leq x \leq s \text{ tartományban}$$

$$\Psi_t = g(z_0 + c' \cdot x + a' \sin b' x), \quad \text{ha } z = z_0 \text{ a } 0 \leq x \leq s \text{ tartományban}$$

Megoldás:

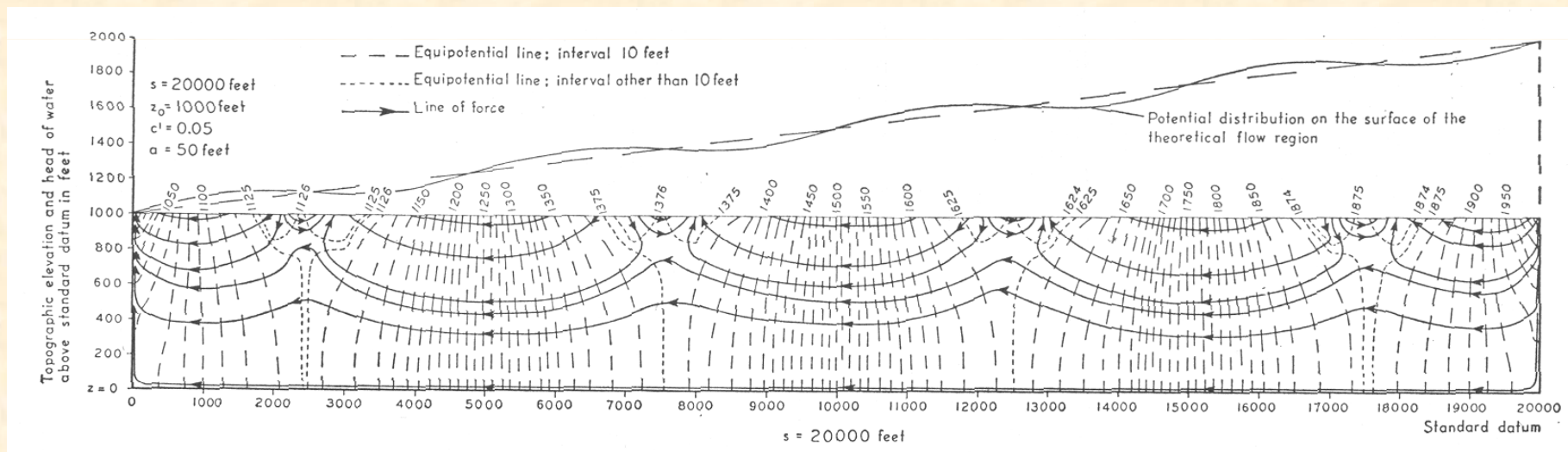
$$\Psi = g \left\{ z_0 + \frac{c' s}{2} + \frac{a'}{s b'} (1 + \cos(b' s)) + 2 \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[\frac{a' b' (1 - \cos(b' s) \cdot \cos(m\pi))}{b'^2 - \frac{m^2 \pi^2}{s^2}} + \frac{c' s^2}{m^2 \pi^2} (\cos(m\pi) - 1) \right] \cdot \frac{\cos\left(\frac{m\pi x}{s}\right) \cosh\left(\frac{m\pi z}{s}\right)}{s \cdot \cosh\left(\frac{m\pi z_0}{s}\right)} \right\}$$

Egymásba ágyazott áramlási rendszerek (Tóth J. 1963)



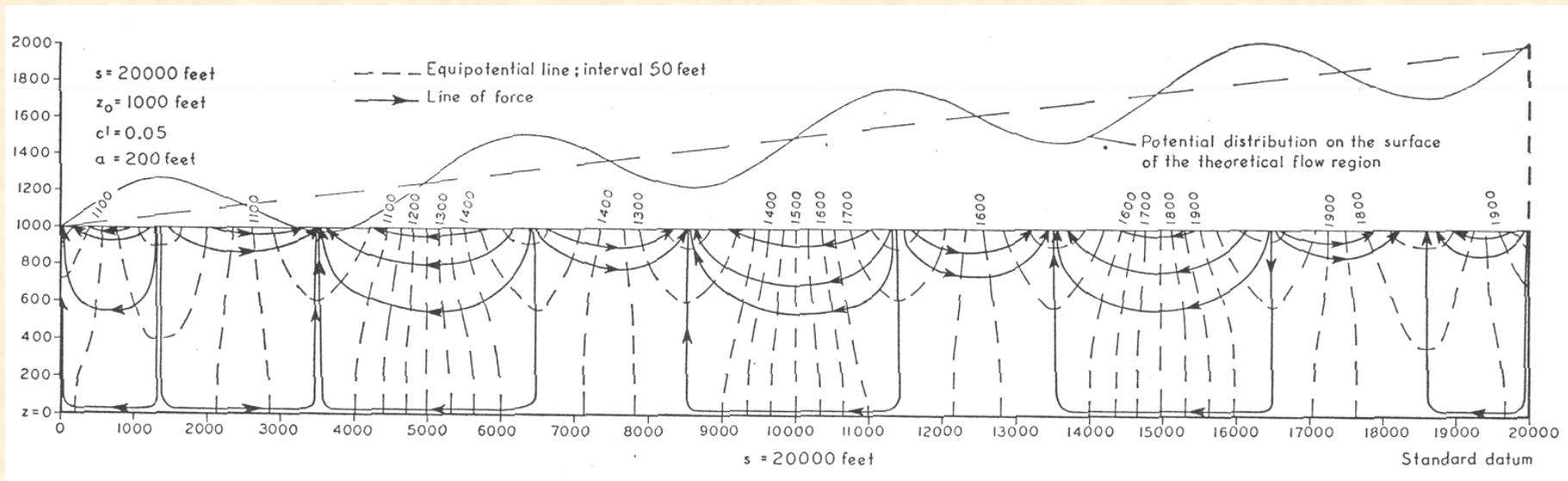
Kis mélységű, enyhén hullámos felszínű medence áramlási képe (Tóth J. 1963)

Ha a mélység-hossz arányt és a felszín hullámzásának amplitudóját változtatjuk, akkor az áramlási kép is megváltozik.



Sekély mélységű, erősen unduláló felszínű medence áramlási képe (Tóth J. 1963)

Először az áramvonalak „laposodnak el”, majd egyre deformáltabbá válnak. Míg végül a regionális áramvonalak felépülésére már nem marad hely, és az áramlási rendszer különálló cellákra bomlik.



Különböző üledékek hatása az áramlásra (Tóth J. 1963)

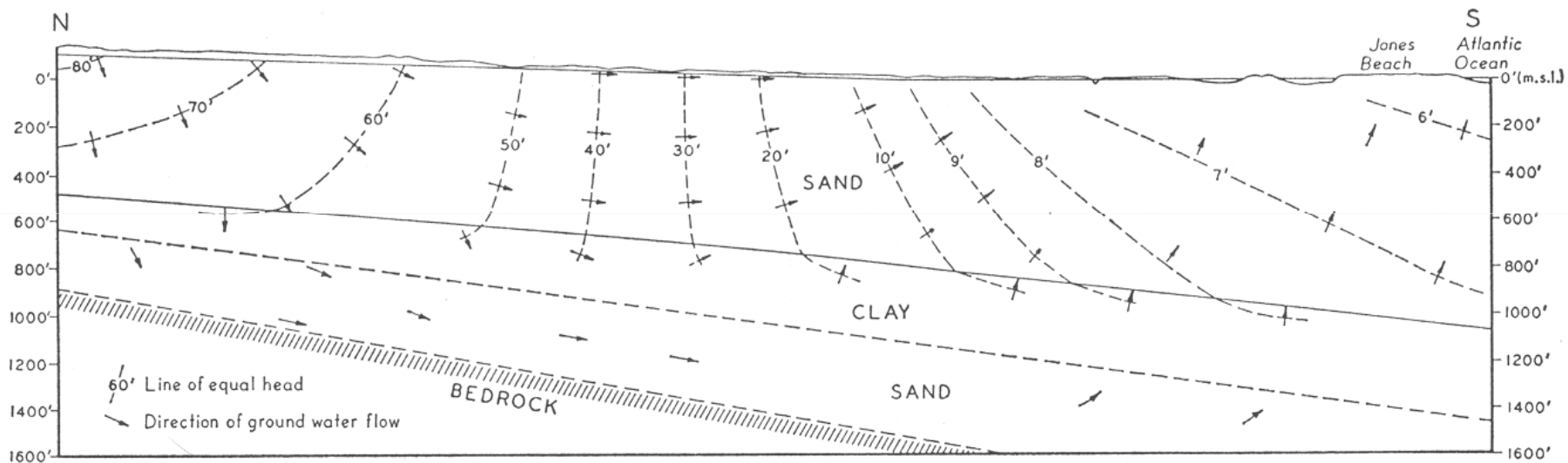
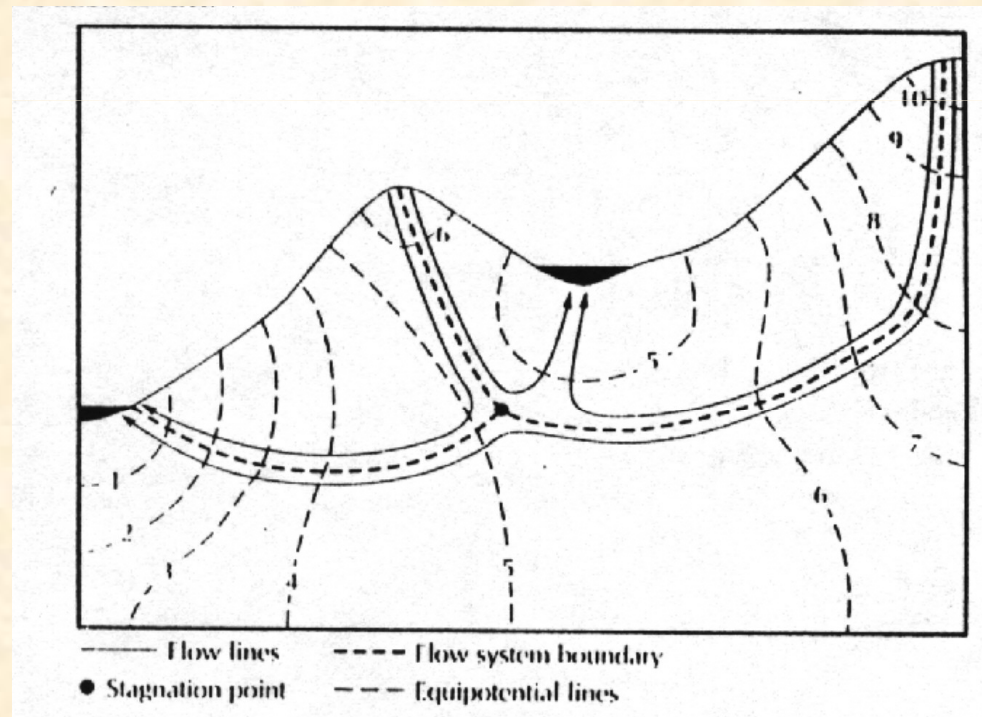


Fig. 4. North-south pattern of groundwater flow in southeastern Nassau County, Long Island, New York [after Geraghty, 1960].

Ekvipotenciális mező és az áramvonalak képe a stagnáló ponttal három áramlási rendszer találkozásánál (Fetter, C.W.1994)

Az egymásba ágyazott (nested) vagy komplex áramlási rendszereket vizsgálva találunk néhány kitüntetett helyet, ahol az áramló víz mozgása igen érdekesen alakul. Ezek a stagnáló pontok (stagnation points). Itt ugyanis a vízre ható erők ellentétes irányúak, de közel azonos nagyságúak, tehát az eredő erő zérus. A víz ezeken a területen alig mozdul el, ezért szokták ezeket a helyeket „pangóvizes” tartománynak nevezni. Ezeknek a pontoknak az ismerete rendkívüli fontosságú például a szénhidrogének csapdázódása miatt.



A regionális talajvízáramlás hatásai

(A felszínalatti víz mint földtani tényező)

Az áramlási rendszerek következtében vertikálisan és horizontálisan a fizikai tulajdonságok megváltoznak.

- a felszínalatti víz kémiai anyagokat old és csap ki,
- képes anyagot és energiát szállítani,
- a felszínalatti víz tud kenni,
- a mozgó felszínalatti víz hatással van a pórusnyomásra

Hidrológiai jelenségek:

- helyi vízmérleg (beáramlási↔kiáramlási zóna)
- regionálisan ellentétes viszonyok alakulnak ki

Kémiai ásványtani jelenségek

- izotópeloszlás változás
- talajszikesedések
- oldás, diagenézis

Növényteni jelenségek:

- beáramlási, kiáramlási területre jellemező növénytársulások

Talaj és közetmechanikai jelenségek

- rézsűállékonyság
- talajerózió
- hidraulikus törés

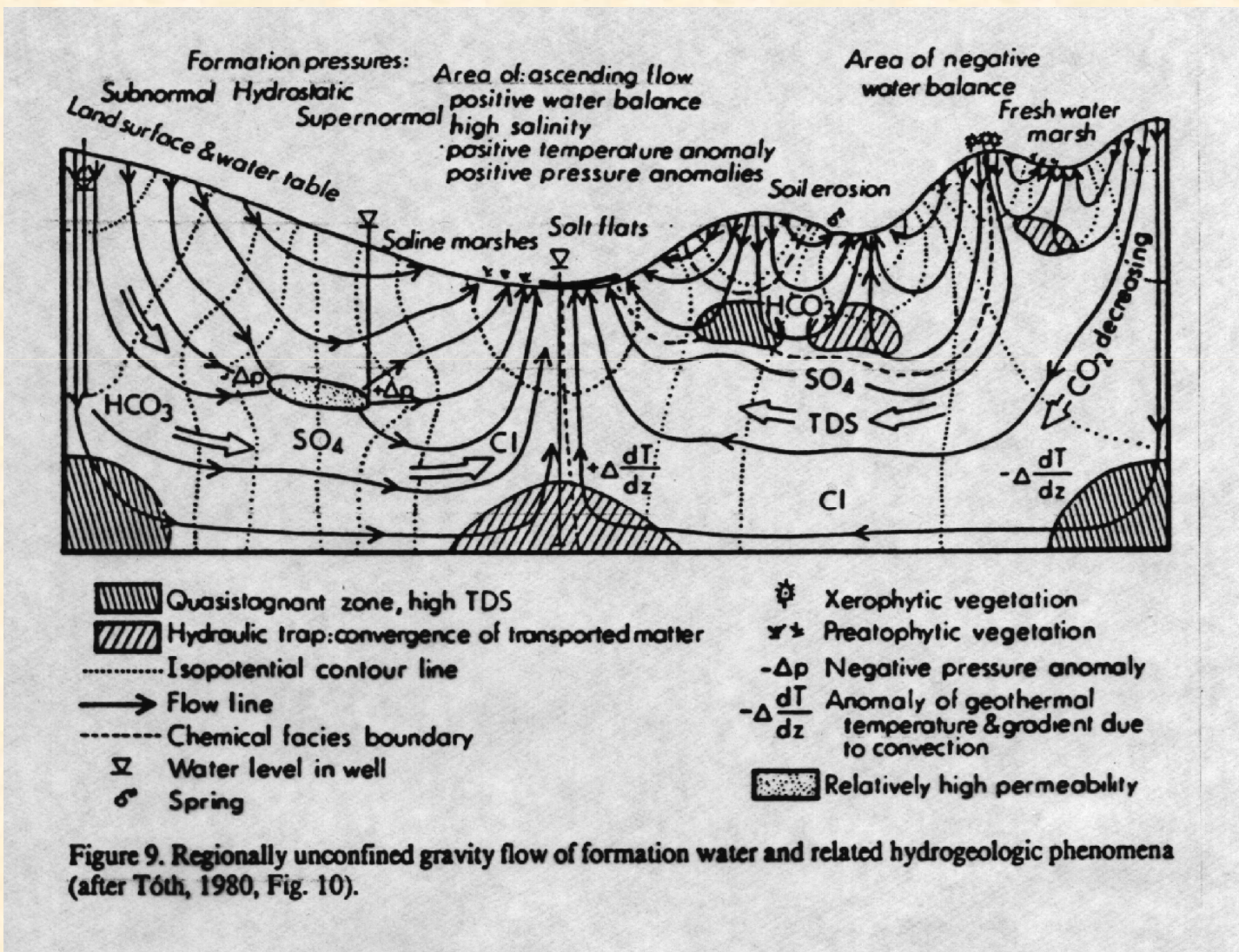
Geomorfológia

- karsztjelenségek
- hidegégövre jellemző fagyjelenségek

Szállítás és akkumulációs hatás

- hőeloszlási jelleg
- felszínalatti víz, mint telepképző erő (pl. olaj, urán)
- olajszivárgások és ezzel kapcsolatos geokémiai és geofizikai anomáliák

Egymásba ágyazott komplex áramlási rendszerek (Tóth J. 1980)



Áramlási modell a Duna-Tisza köze D-i szélén

