



Konferencia

DNAPL jellegű
szennyezettségek
lehatárolásával kapcsolatos
tapasztalatok

Előadó: Vámosi Oszkár
2026. április 15.

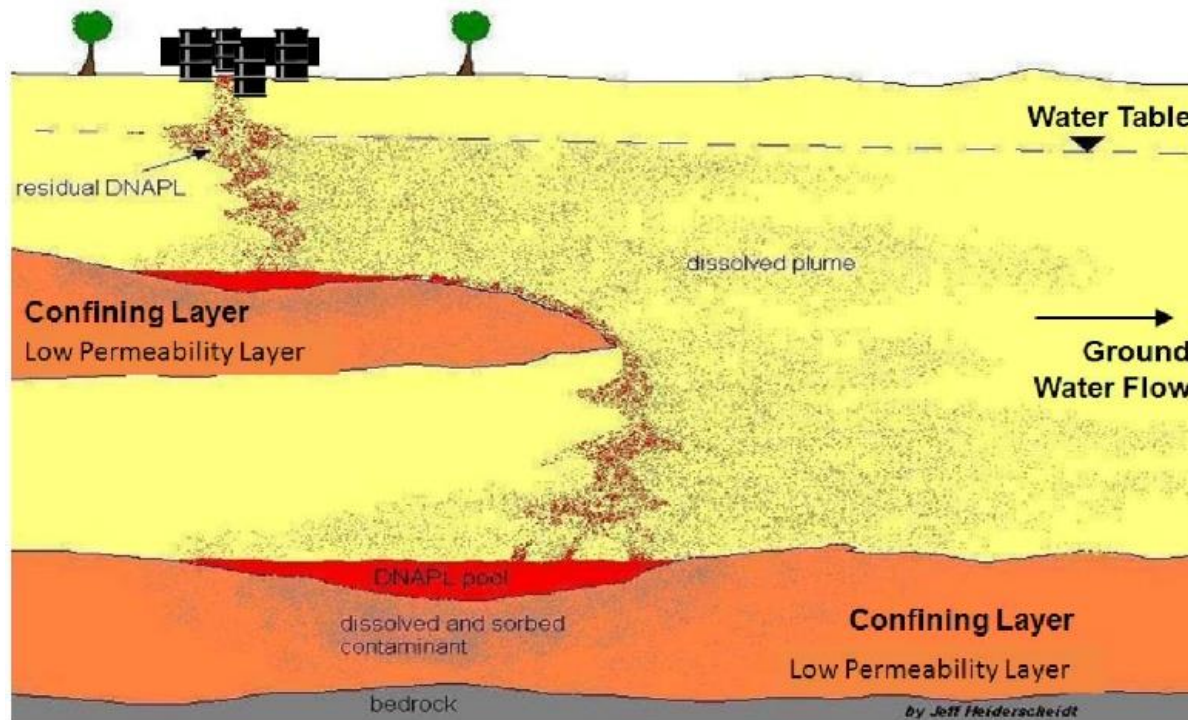
DNAPL jellegű szennyezettség

A DNAPL (Dense Non-Aqueous Phase Liquid – sűrű, vízzel nem vagy korlátozottan elegyedő folyadék) jellegű szennyezettség olyan környezeti szennyezésre utal, amelyet a víznél nagyobb sűrűségű, azzal nem, vagy korlátozottan elegyedő, szerves folyadékok okoznak.

Viselkedés a felszín alatt: A telítetlen zónában hasonlóan viselkedik, mint bármely folyadék jellegű szennyező anyag. Mivel sűrűbb a víznél, a telített zónát elérve nem „a víz felszínén úszik”, hanem a gravitáció hatására képes tovább is **lefelé mozogni**, mely mozgást a permeabilitás kontrasztok képesek módosítani, azaz a vertikális migráció meghatározó. Jellemző permeabilitás kontrasztok:

- A kapilláris zóna
- Szivárgáslassító, vízrekesztő képződmények (pl. agyag)

Hosszú távú forrás: A DNAPL-ek jellemzően rosszul oldódnak, ezért évtizedekig folyamatosan szennyezik a felszín lentenek emiatt.



DNAPL jellegű szennyezettség

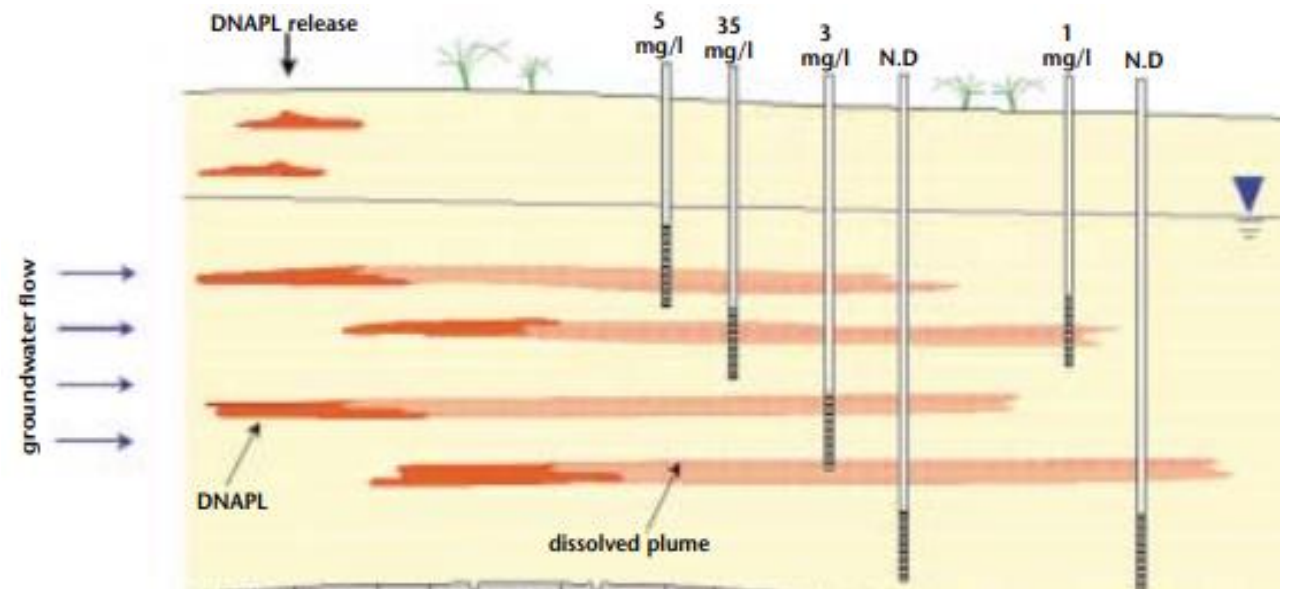
A permeábilis kontraszt felületeken a DNAPL szétterül, de a vertikális migrációja nem áll le!

A DNAPL szennyezőanyagok jellemzően **kismértékben adszorbeálódnak a földtani közege**n. Kimutatásuk az összegyülekezési térrészekből lehetséges. Sokszor a „földtani közeg szennyezettsége”, amit mérünk valójában a benne található felszín alatti vízben oldott szennyezettség.

Következmények

- A bonyolult migrációs mintázat miatt az oldott fázisú koncentrációk nem adnak egyértelmű iránymutatást a forrásterület helyére vonatkozóan.
- Az oldott fázisú szennyezettség a forrásterületnél lényegesen nagyobb területre terjedhet ki, az arány meghaladhatja az 1000-szorosát.
- A forrásterületen kis térfogatban nagy koncentrációban található a szennyező anyag. Több tonna DNAPL szennyezőanyag gócterülete akár elérhet egy 100-500 m² kiterjedésű területen, miközben a csóva lehet akár 50 ha.
- Az előzőek miatt: **A forrásterület azonosítása nagy kihívás!**
- Forrásterület akkor tekinthető azonosítottnak, ha magas koncentrációban és a felszínhez közel van jelen a szennyezőanyag a feltárt ponton!

Anyukám azt tanította, hogy a DNAPL góc olyan, mint Columbo felesége, még soha se látta senki.....



De egyébként miért fontos megtalálni a gócot?

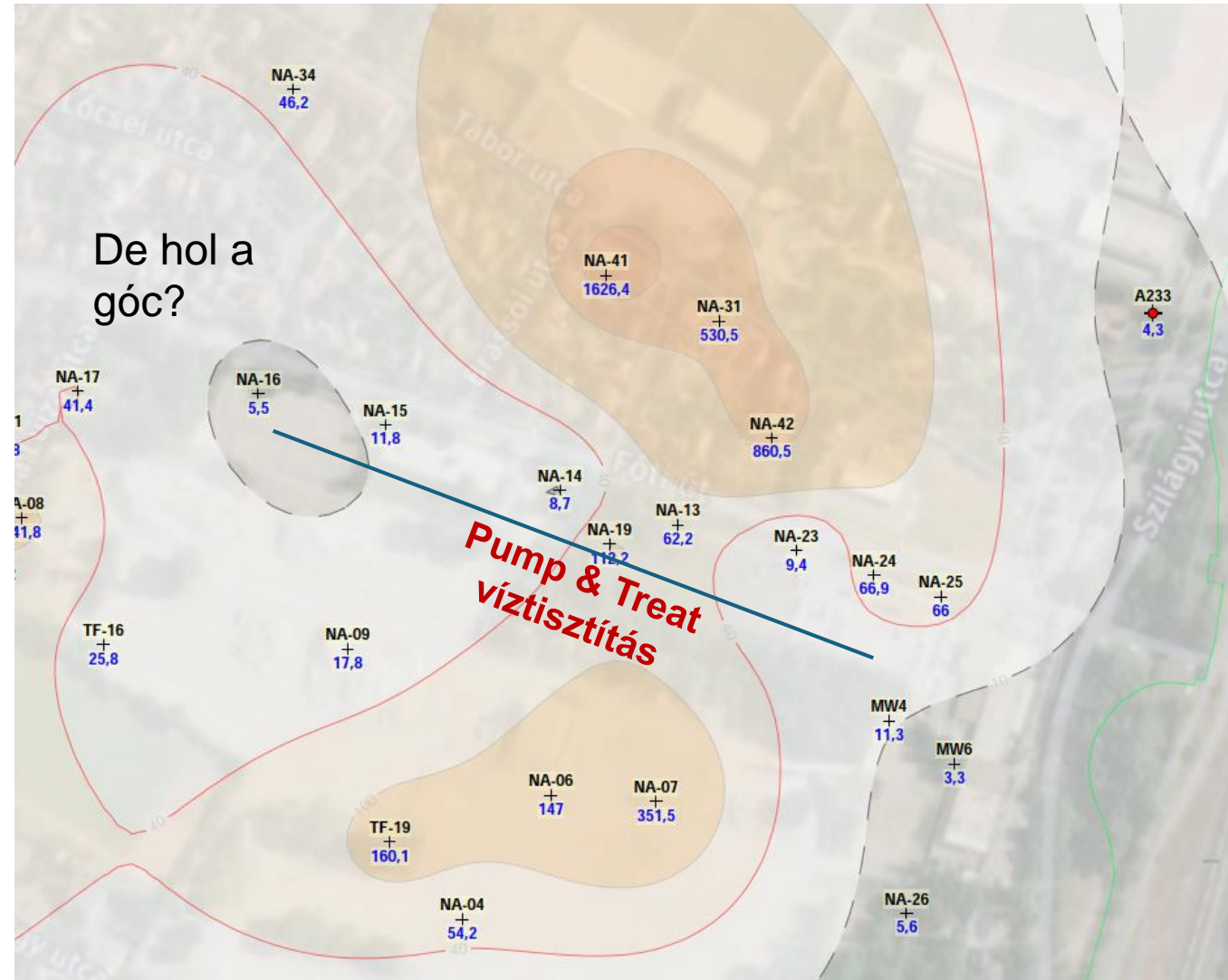
A szennyezőanyagok a vizet nagy területen elszennyezik, amit rendszerint meg kell tisztítani.

Ha a gócot nem találjuk meg, akkor tök felesleges vizet tisztítani, amint abbahagyjuk a szennyezettség rövidesen visszatér, hiszen a korlátozott oldhatóság miatt, értelmezhető mértékű advektív transzport esetén sokáig lesz utánpótlódás. Vagy csináljuk örökre?

Nem, akkor csak azért is megtaláljuk a gócot!

Aki a munkát elvégzi:

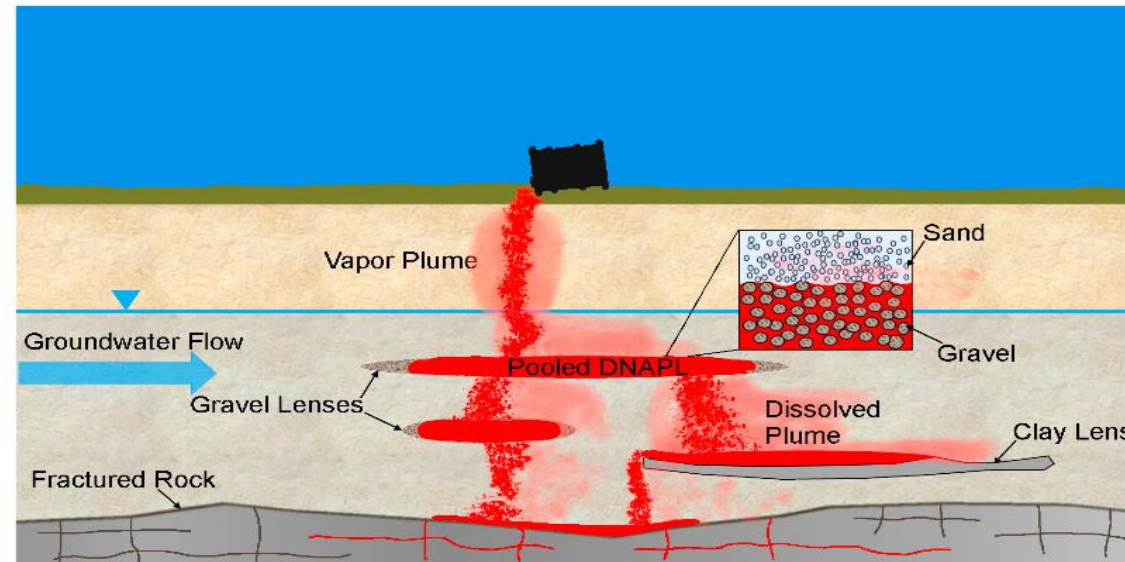
SZOrgalmas Lehatároló és
Góckereső Anatómus = SZOLGA



DNAPL szennyezettség migrációs mintázatai

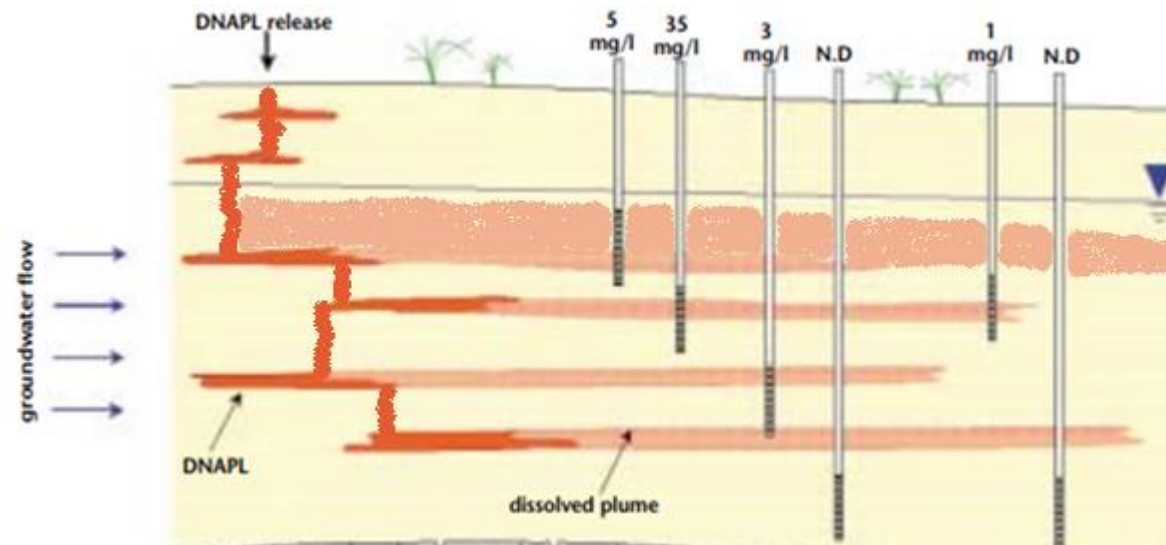
Konvencionális

A fekü
A kavics-homok határréteg
Az agyaglencse



Tapasztalati

A felszín alatti víz legfelső rétege



Ez az ábra nem általános érvényű, csak figyelemfelhívó!

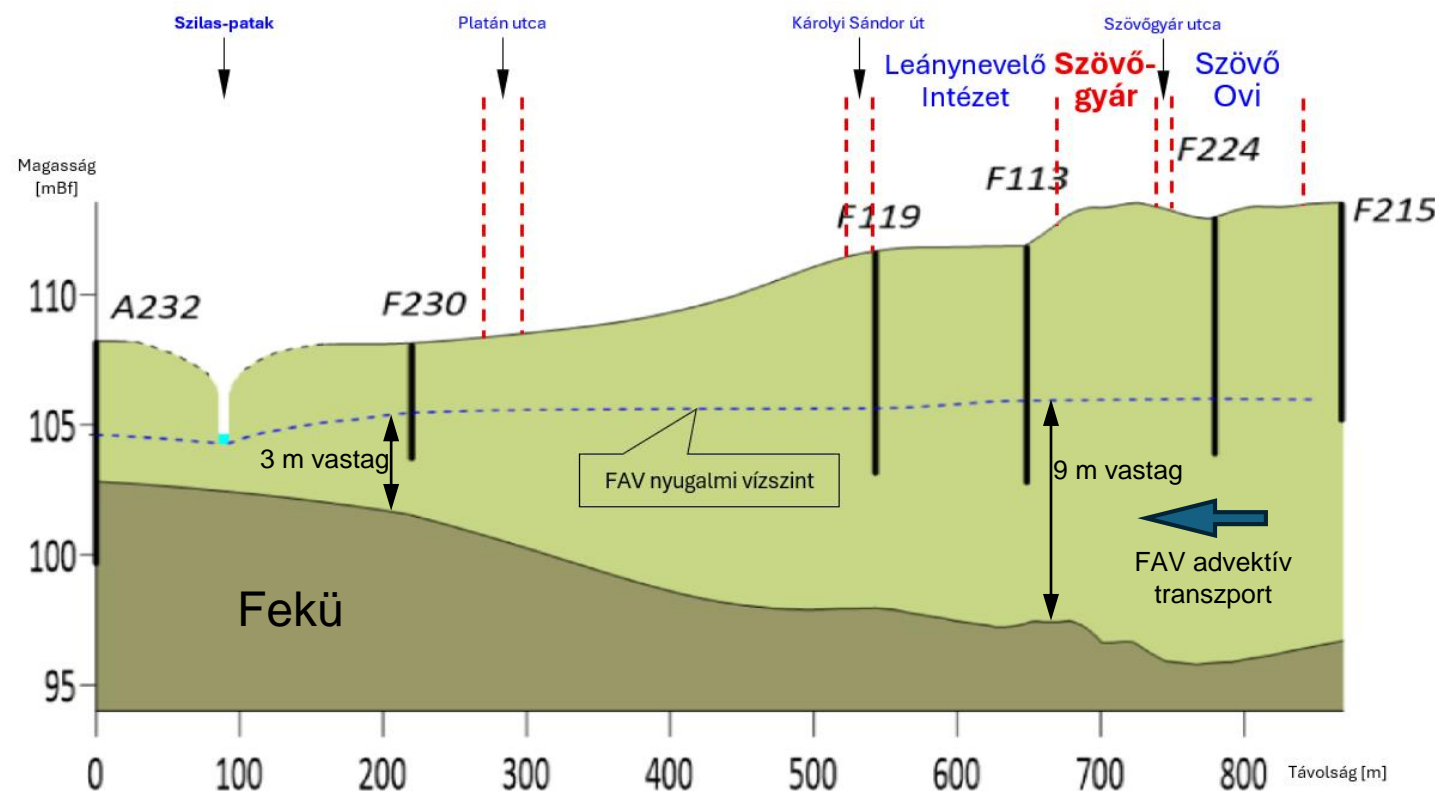
A lehatárolás technikája – 1. fázis – Előkészületek

1.) Meg kell ismerni a szennyezettség környezetének földtani és vízföldtani viszonyait

- Fekümorfológiát ismerni szükséges
- Kapilláris zónát ismerni szükséges
- Jelentős k tényező kontraszt zónákat ismerni szükséges
- Vízáramlási irányt, alvízi oldalt ismerni szükséges
 - Előfordulhat, hogy a vízáramlással szemben halad a DNAPL szennyezőanyag – vö.

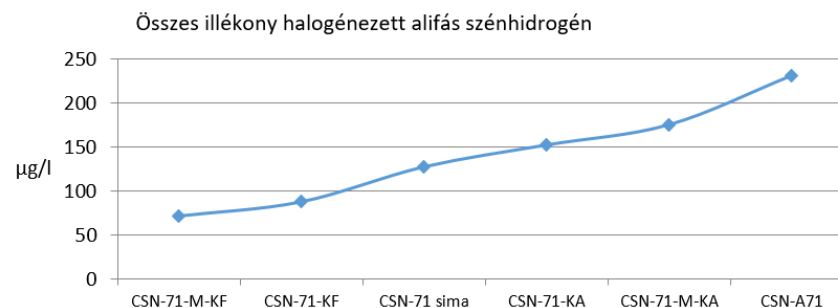
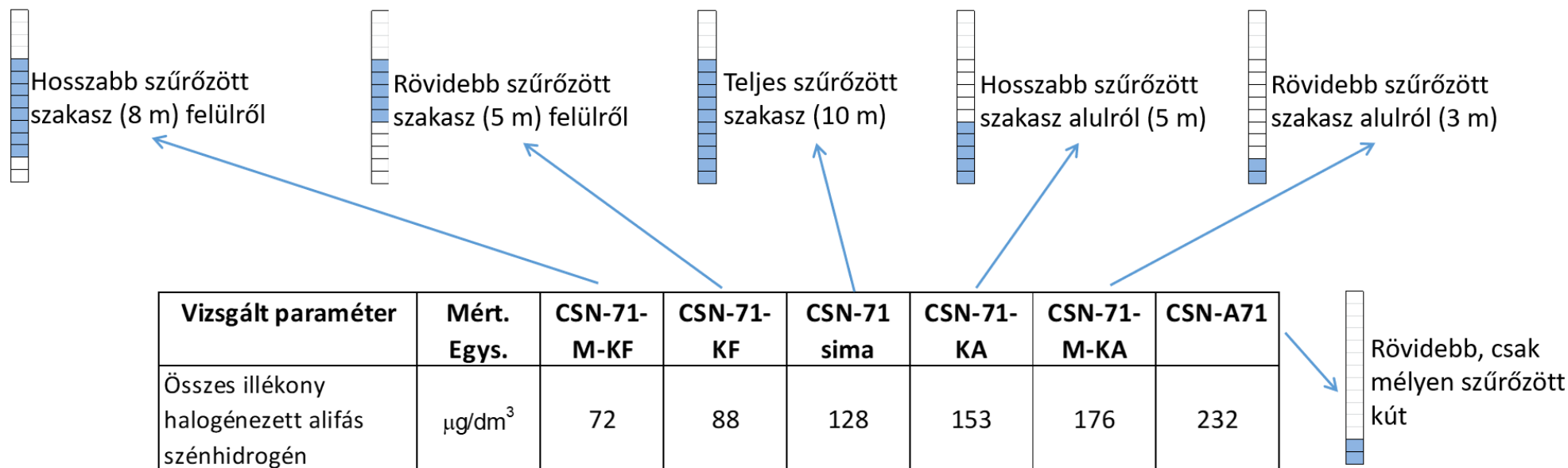
2.) Többszintű vizsgálati rendszer konfigurál

- Vizsgálati szintek meghatározása
- Szűrőzés meghatározása
 - Szűrőablak mérete
 - Szűrőközepek egységessége



Miért fontos, hogy kút n-esek legyenek, ne egybeszűrőzött kutak?

CSN-71 kút eredményei



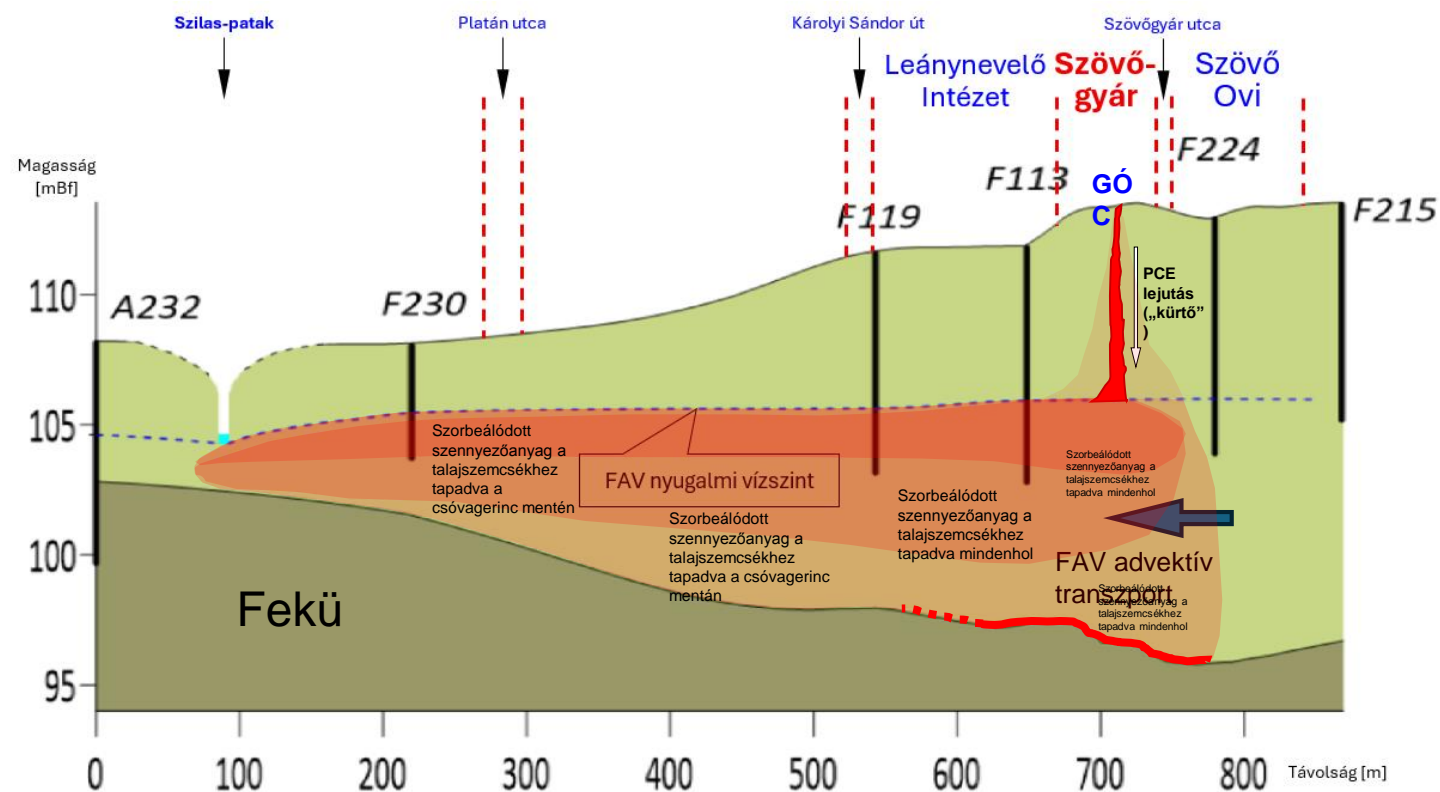
Az állatorvosi ló szerepében: **Bp. XV., Szövőgyár utca**

3.) Kezdő vizsgálatok

- Előzmény szennyezettségi (monitoring és egyéb vizsgálati) adatok tanulmányozása
 - Redoxpotenciál – koncentráció összefüggés
 - Bomlási arányok megfigyelése
 - Koszolvencia lehetőségének azonosítása
- Jelentős (több nagyságrendű) koncentrációingadozások azonosítása
 - Ahol van, ott gócközelt is jelezhet
- Szorpciós viszonyok feltárása
 - Szervesanyag tartalom, porozitás, retardációs faktor
 - Mindezek vertikális eloszlása is!

4.) A csóva várható jellegének meghatározása

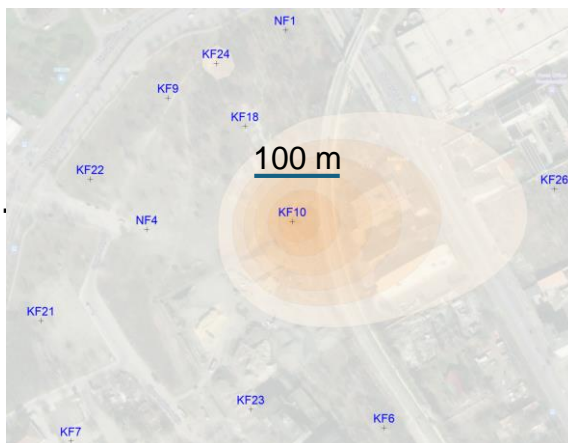
- Vízáramlás sebessége, térfogatáram
- Vertikális migráció lehetősége
- Szorpciós kapacitás térbeli alakulása



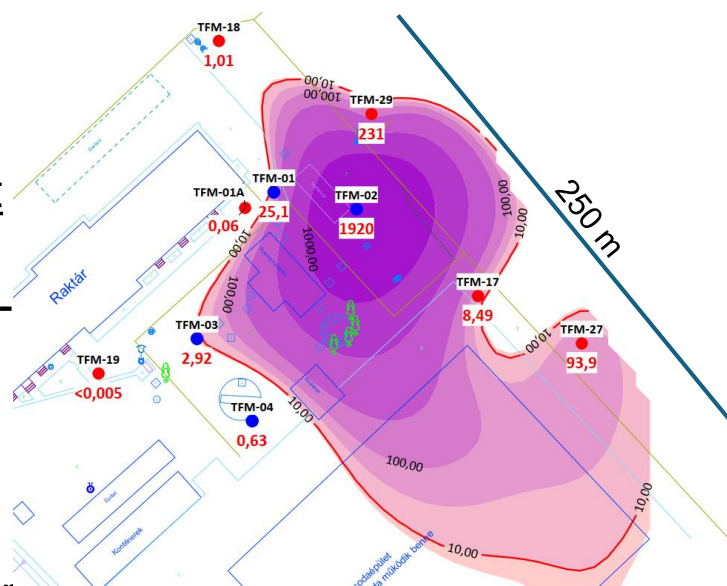
A lehatárolás technikája – 1. fázis – Előkészületek

Csóvajellegek (Advektív / diffúzív transzport arány!)

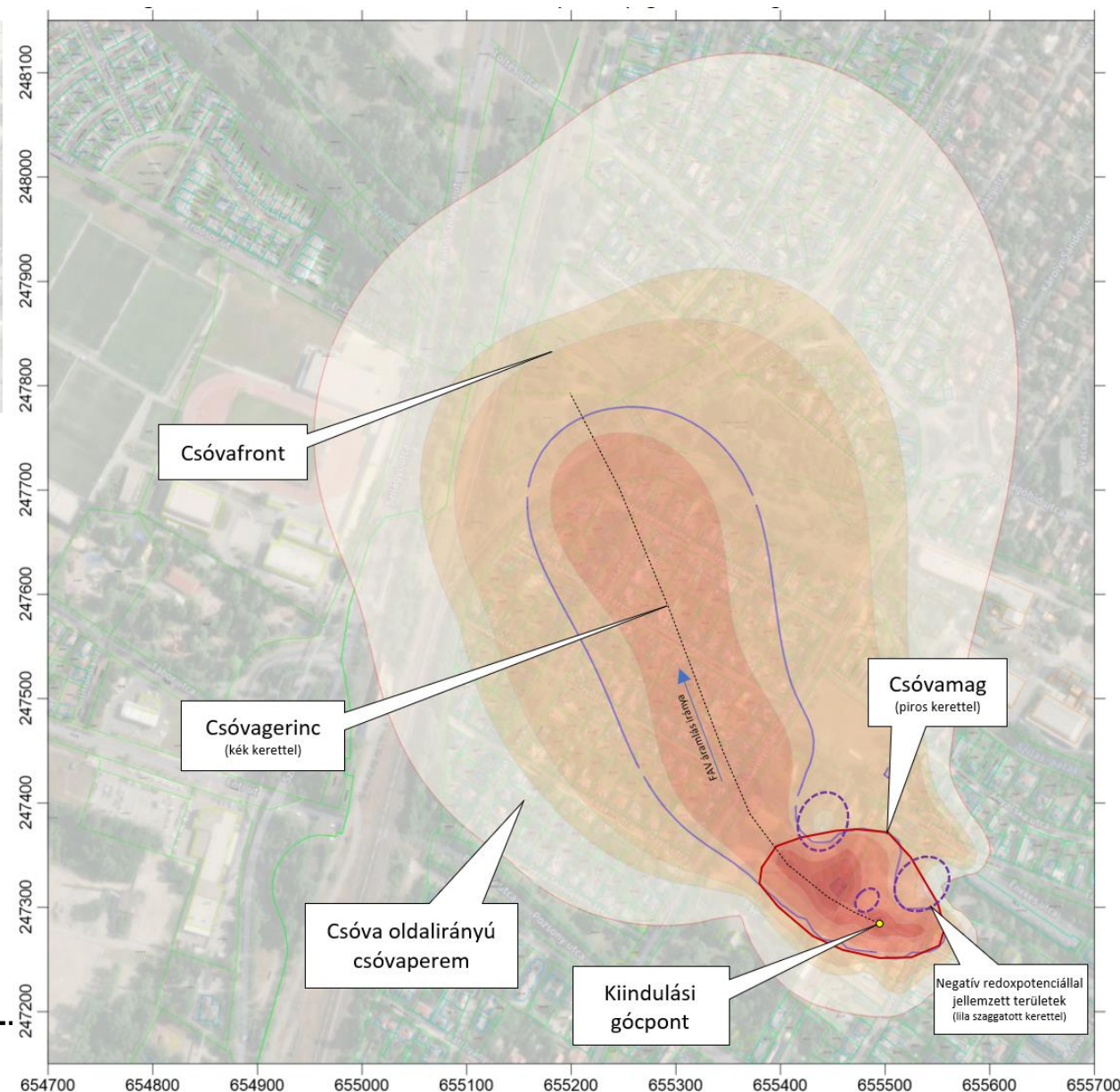
Diffúzív transzport
Mélységbe hatoló izo-
metrikus szennyezettség



Vegyes transzport
Mélységbe hatoló
csóva -----



Advektív transzport
Megnyúlt felszínközeli csóva (szökési kísérlet) -----



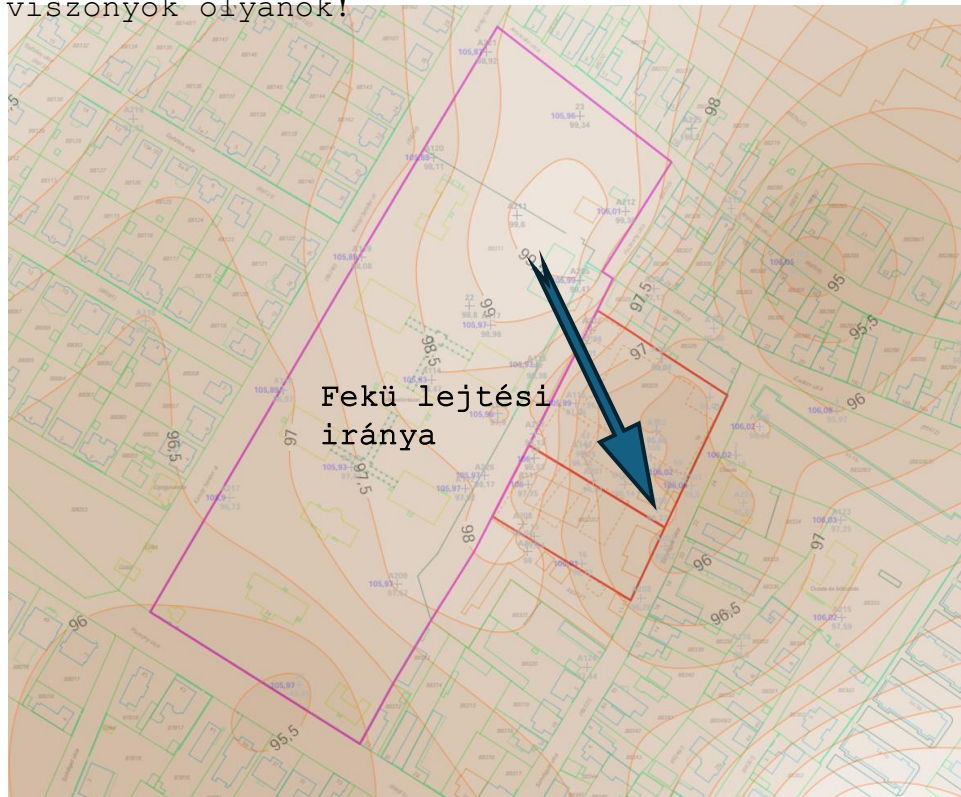
A lehatárolás technikája – 1. fázis – Előkeresés

5.) Induló konfiguráció létrehozása

- Alvízi oldal meghatározása -
-> 3-5 furat minimum szükséges - de több se kell!
- A szennyezők koncentrációjának

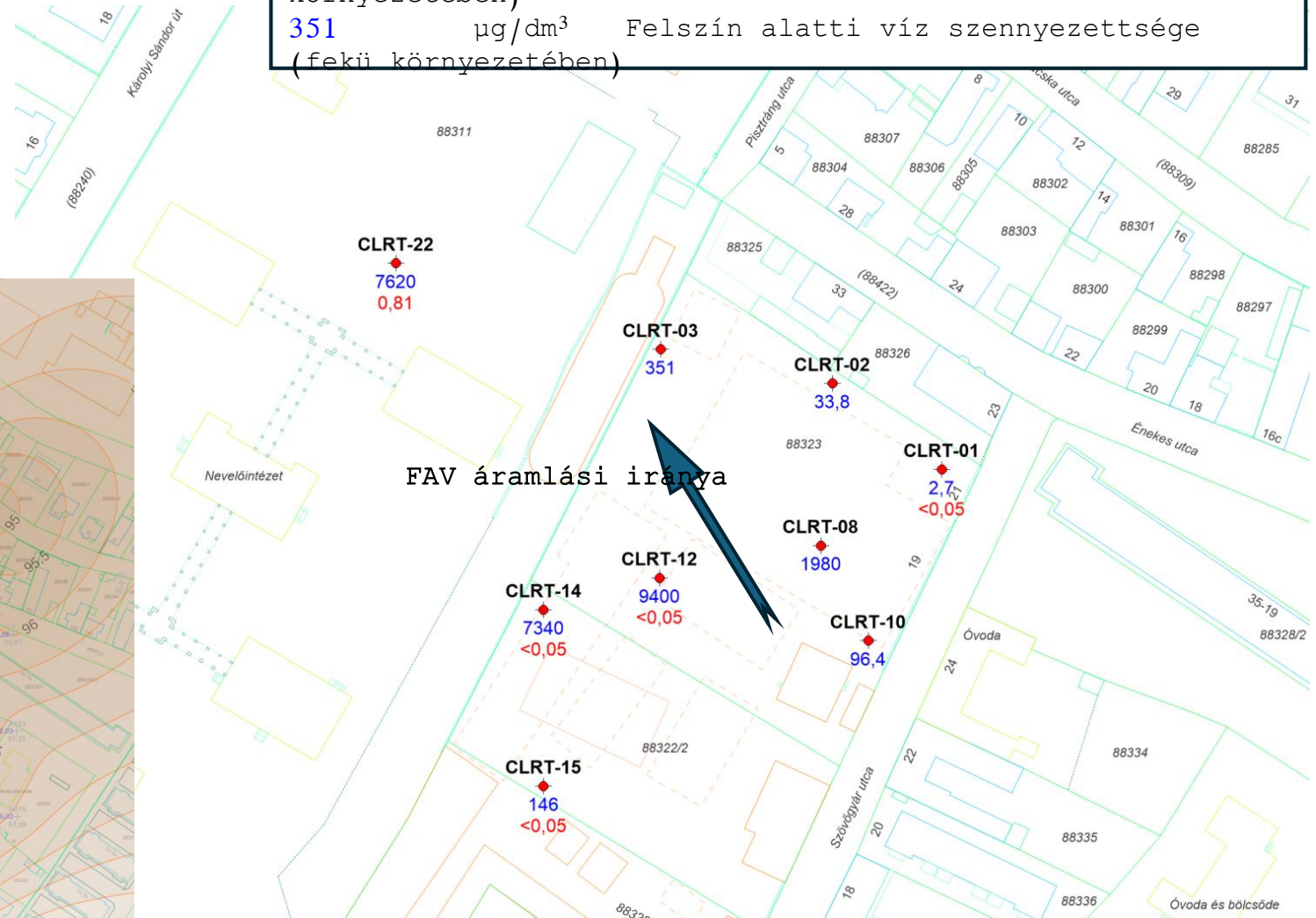
felmérése FK / FAV

Fontos: Vizsgáljunk mindjárt több szintet az FK és a FAV tekintetében, ha a vízföldtani viszonyok olyanok!

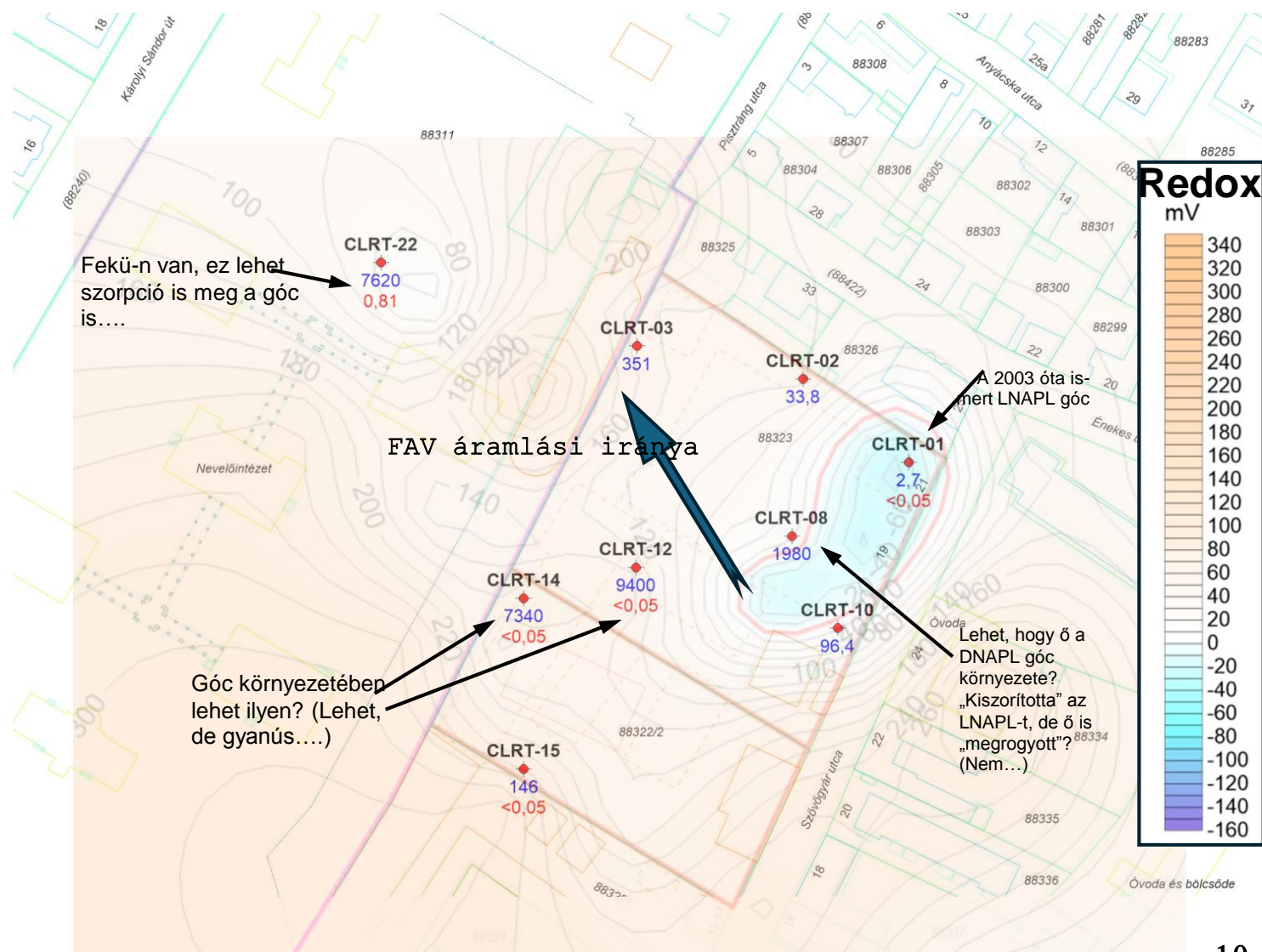


Jelmagyarázat

0,81	mg/kg	Földtani közeg szennyezettség (fekü környezetében)
351	$\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Felszín alatti víz szennyezettsége (fekü környezetében)



- Ahol jelen vannak az olajszármazékok, szervesanyag dúsulás, egyéb ott PCE gyorsan bomlik (redox elemzés)
- Az FK / FAV szennyezettségi arányokból következtethetünk, hogy az FK szennyezettség az a góc térsége, vagy a FAV-ból a földtani közeg szorpciós kapacitása által „lehalászott” mennyiség.
- Fekü-n hogy áll a szennyezettség?
- Telítetlen zónában találtunk (FK) szennyezettséget?

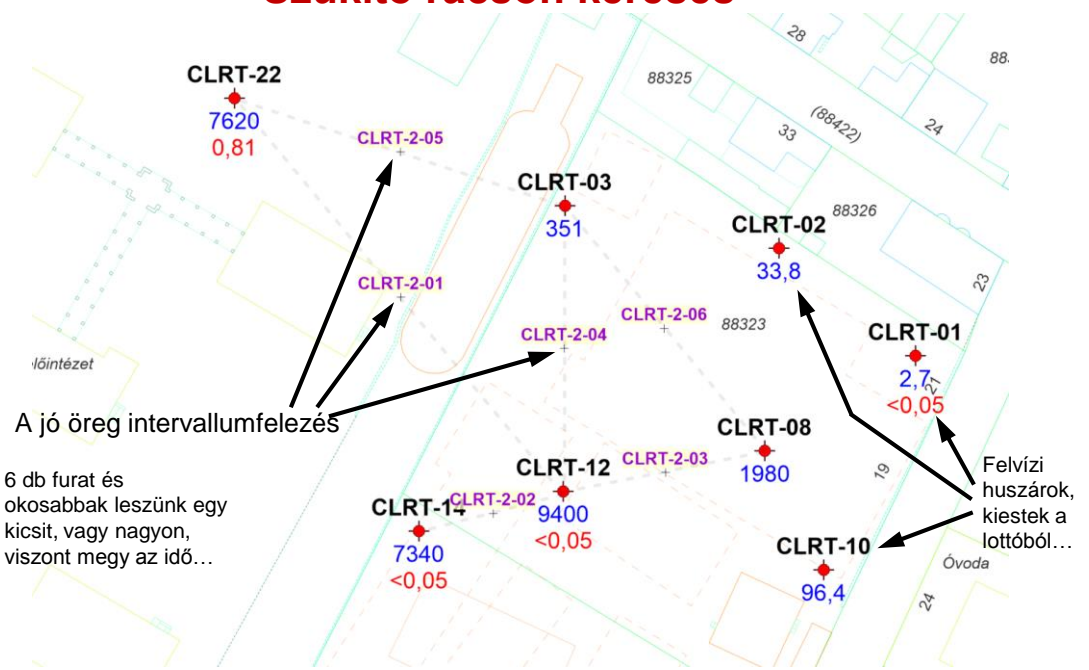


- (1) Kút n-esek létesítése és értékelése
 - Megtudni minél többet a szennyezettség elterjedéséről
- (2) Talajlevegő vizsgálat – szükség szerint
- (3) CPT-MIP vizsgálat – szükség szerint

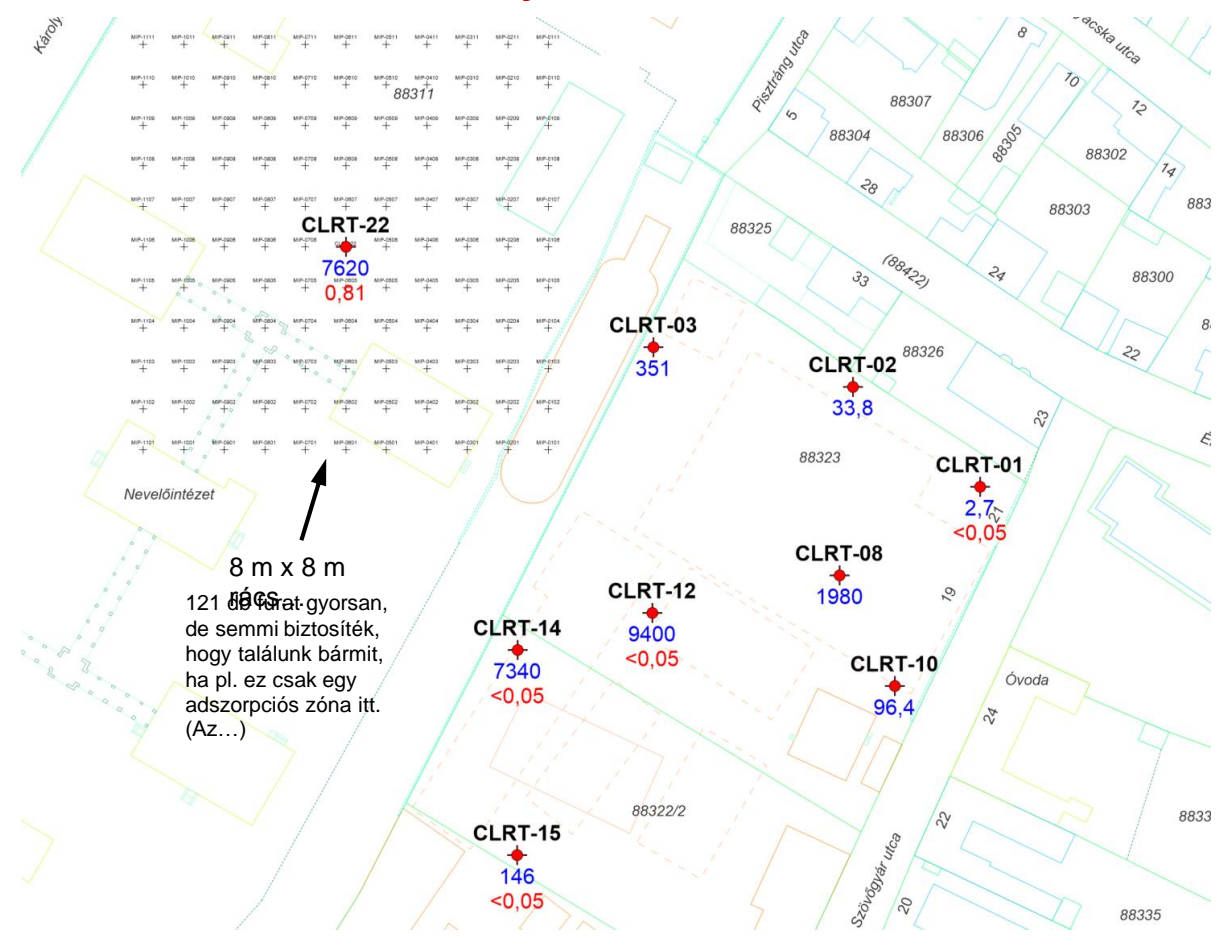
Fontos a sorrend, különben:

- Egy hatalmas FAV csóvának is rendszerint csak 10x20 méter kiterjedésű a gócterülete (vagy még kisebb) – Sok lesz a felesleges keresgélés, ha nem gondolkodunk szépen...

Szűkítő rácson keresés



Szabályos rácson keresés



Előnyök hátrányok:

Szűkítő
Csak a gócba fókuszál terület áttekint
Alacsony fajlagos költség
Sokkal lassabb (iteráció...)

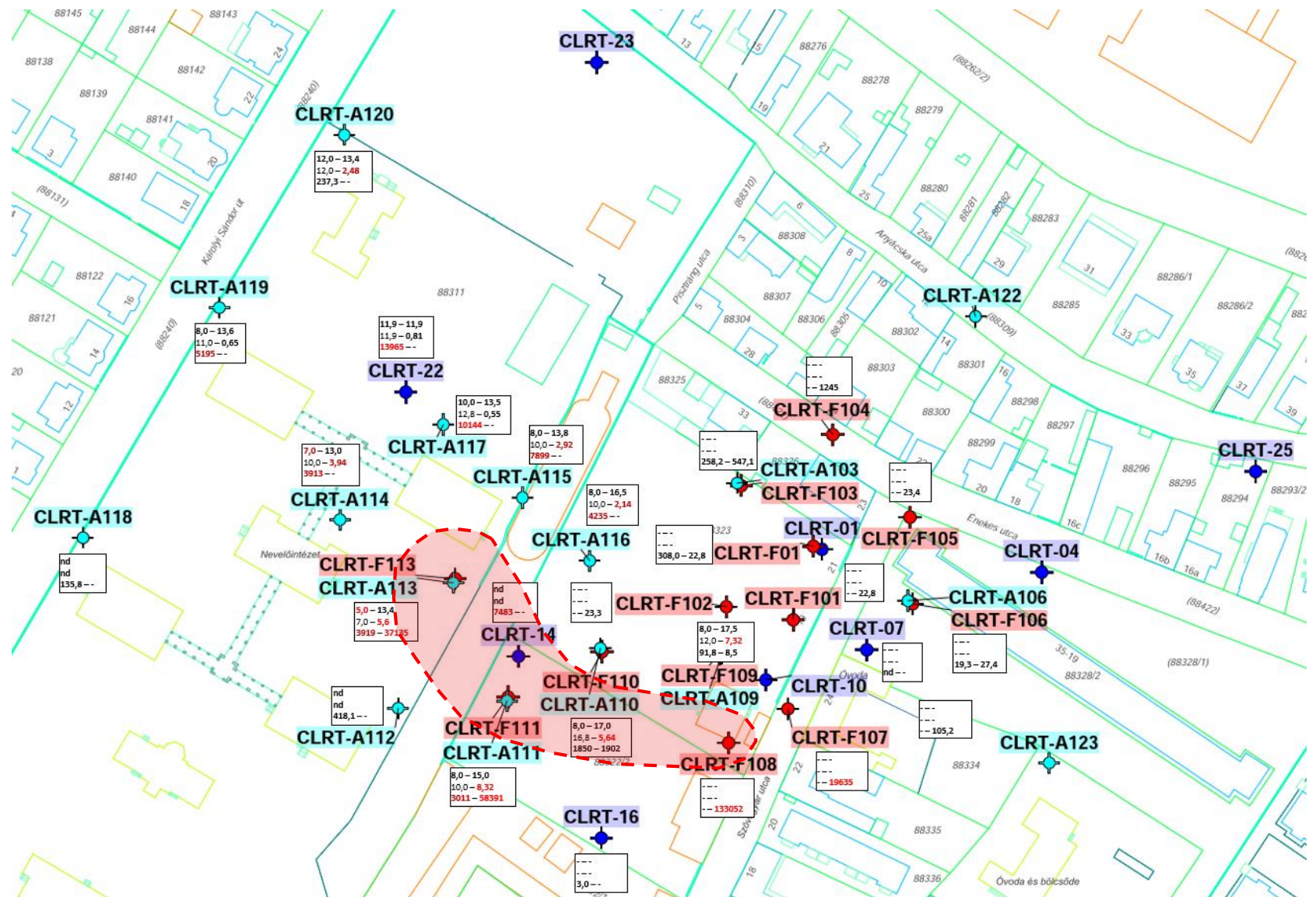
Szabályos
Teljes
Magas, sok felesleges költség
Gyors

Konklúzió

Előbb szűkítő rácson javasolt dolgozni, utána jöhet a szabályos
Ne higgyünk a szemünknek, mindent, ami biztos nem kizárt szűkítsünk..

Merre érdemes szűkíteni?

- Ha **nem gátolt** a lefelé mozgása a DNAPL szennyezőnek, akkor ott, ahol a sekély mélységben észlelt szennyezettség magasabb, mint a mély (fekü) zónában: az „**inverziós térrész**” környezetében.
- Ha **gátolt** (ez a ritkább), akkor eleve csak a sekély zónában érdemes kutakodni, és marad, hogy minden potenciális pontpár között addig felezzünk, amíg a **szennyezettség** el nem éri azt a szintet, hogy már organoleptikusan is érezhető...



Meddig kell szűkíteni?

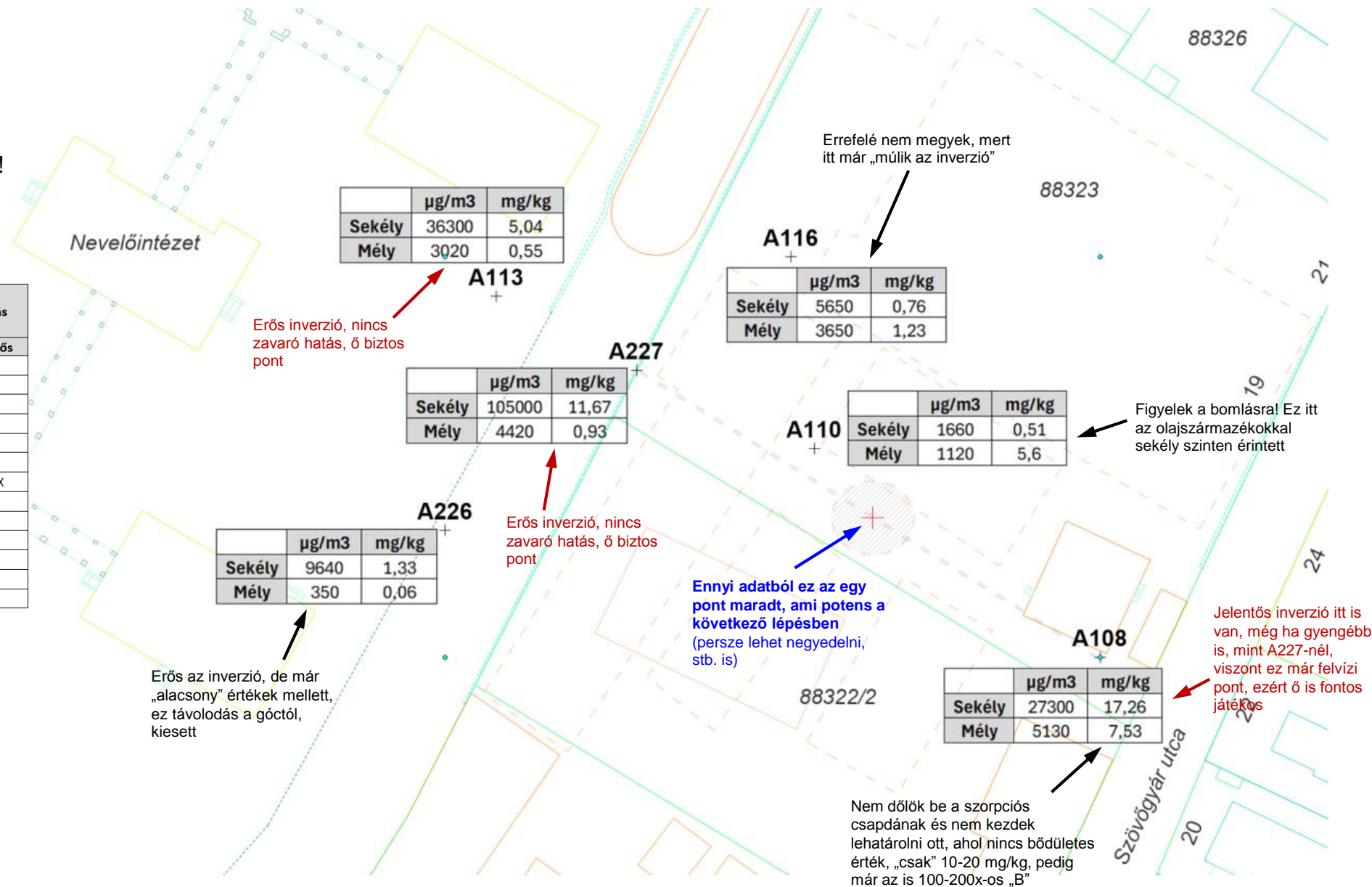
- Amíg nem fogtunk egy olyan furatot, amiben a földtani közegnek már van szaga, azaz minimum 50-200 mg/kg!
- A FAV is lehet akár érezhető, de...

Példa: PCE!

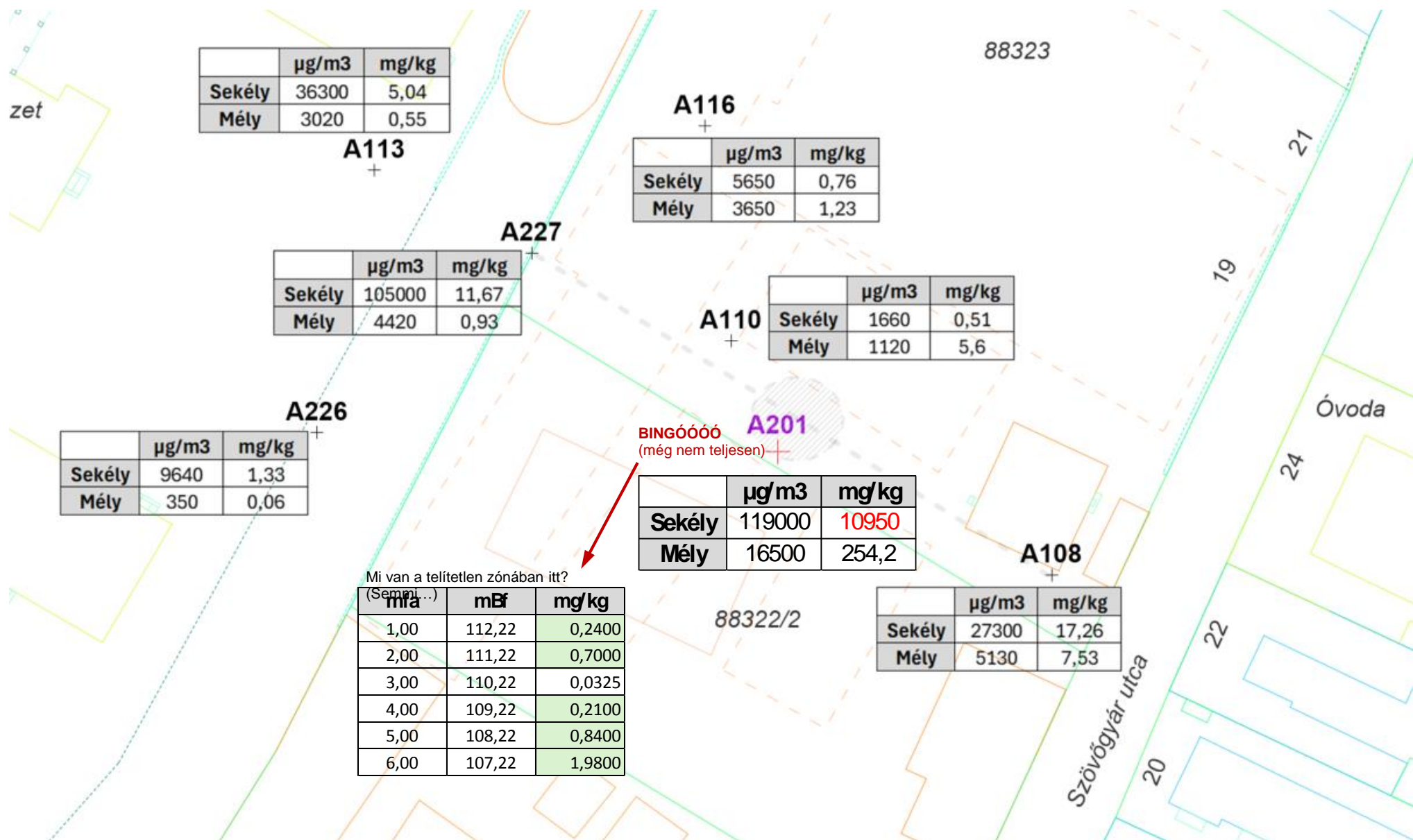
Vizsgálati pont jele	Összes VOCl szennyezettség mértéke [µg/l]	Organoleptikusan észlelt szaghatás			
		Nincs	Enyhe	Közepes	Erős
CLRT-22	10 345,6	X			
CLRT-F14	13 232,6		X		
CLRT-F107	15 433,9	X			
CLRT-F108	27 941,5	X			
CLRT-F111	33 997,6		X		
CLRT-F113	37 521,1	X			
CLRT-F114	41 699,6				X
CLRT-F115	22 679,7			X	
CLRT-F119	10 336,4	X			
CLRT-F201	125 318,8			X	
CLRT-A201	16 602,3	X			
CLRT-F226	39 982,2		X		
CLRT-F227	109 414,4			X	

A fúrás időpontjában mért FAV szennyezettség értéke

... érdemes vigyázni, mert nem tudni, mennyi, amit érzünk, ráadásul a csóvamagban magas a FAV szennyezettség, de a góc azon belül is csak egy kis térrész!



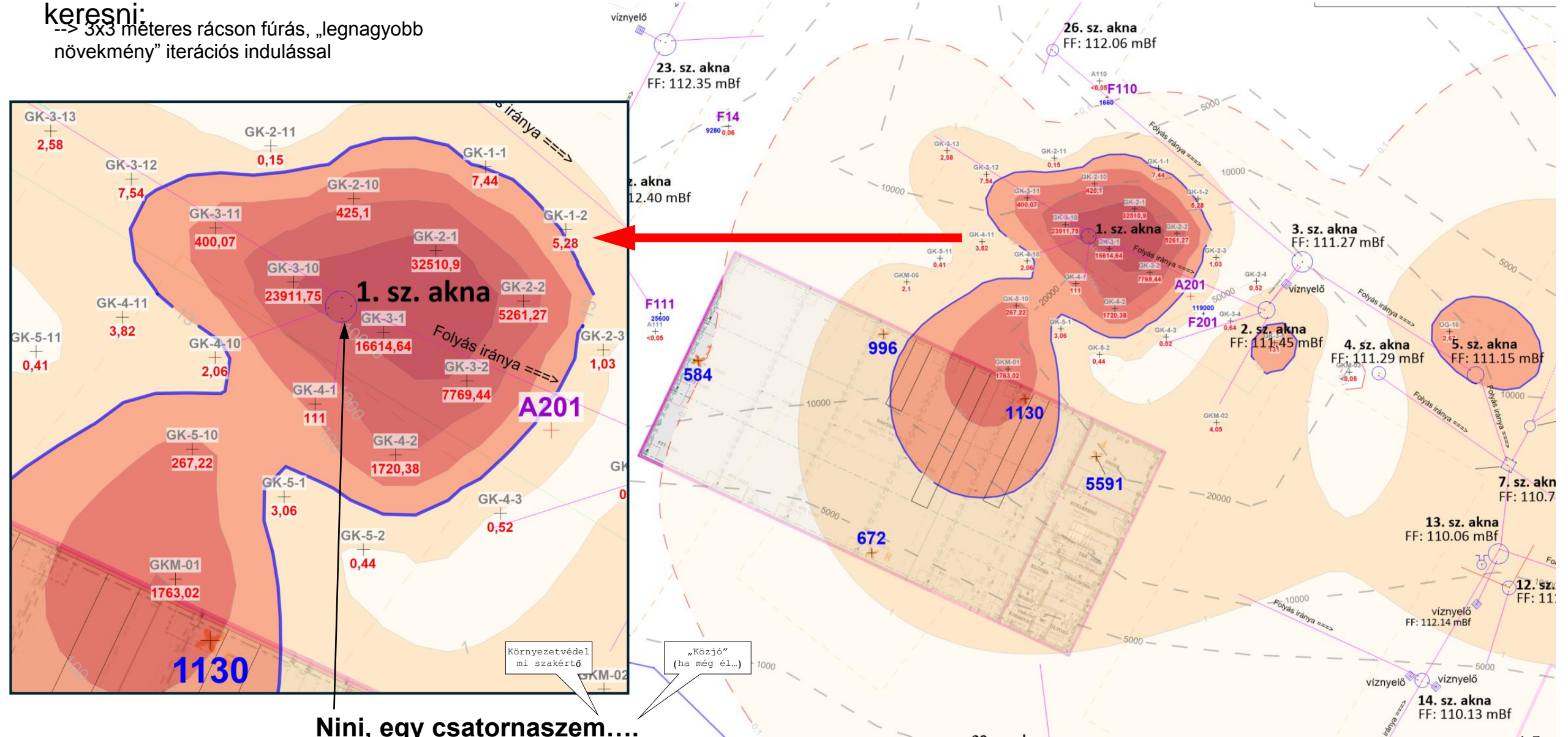
A rehabilitációs technikája az A201-as szűkítés



lehatárolás

Az A201-es furatban mért értékek alapján a góc biztosan a közelben van. Innen már van értelme rácson

keresni:
--> 3x3 méteres rácson fúrás, „legnagyobb növekmény” iterációs indulással



Nini, egy csatornaszem....



Környezetvédelmi szakértő

„Közjő” (ha még él...)

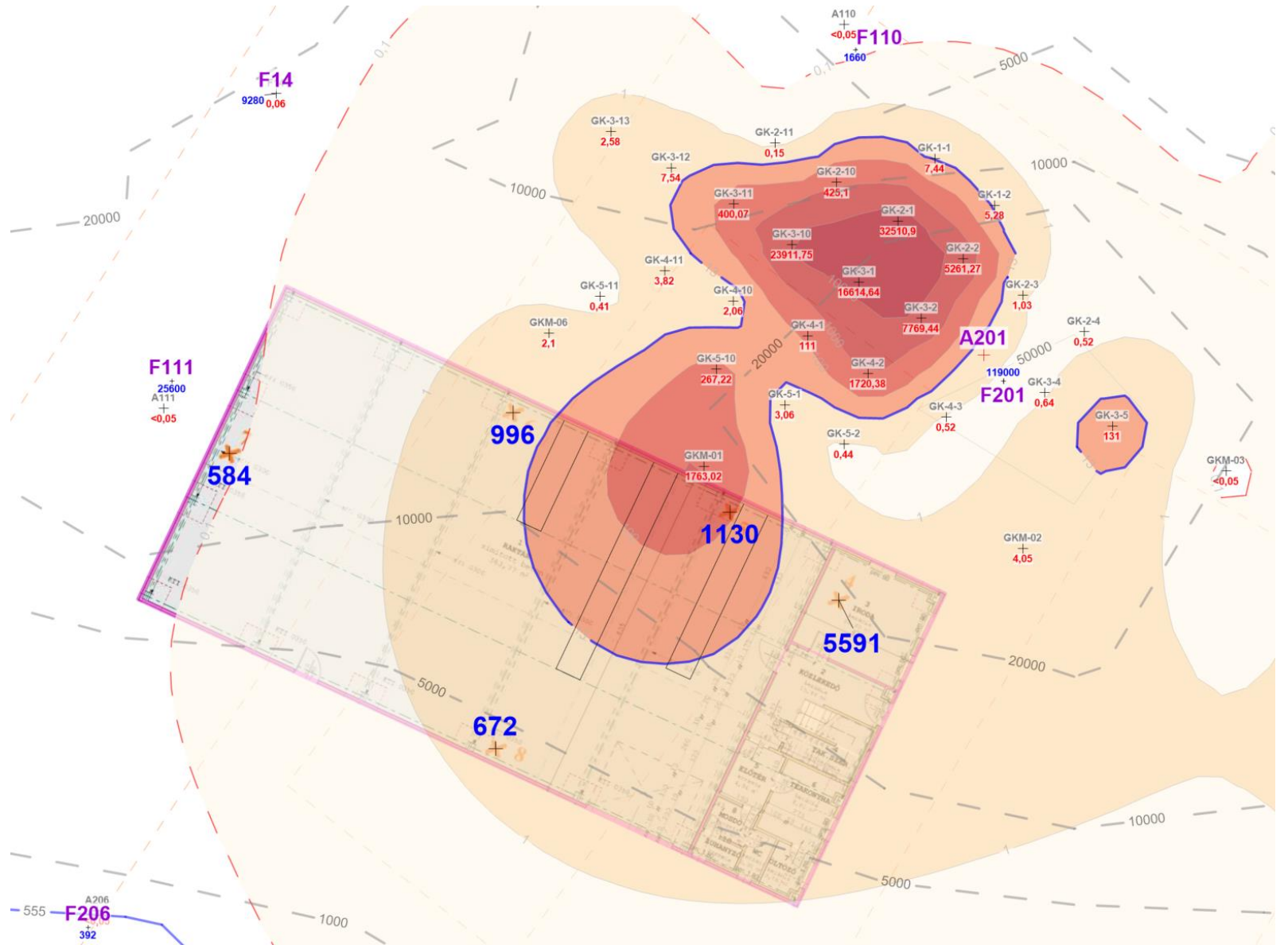
A területi mérési technikája terek

Ha a góc épület alá is benyúlik,
akkor szükségünk lesz

- a vizes, a talajos és a zárt térben mért értékek közti korreláció mértékének meghatározására:

Pont	FK	FAV	Légtér
	mg/kg	$\mu\text{g}/\text{dm}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	5	18 000	5 591
5	140	16 000	1 130
6	3	13 000	996
7	<0,05	11 000	584
8	3	4 000	672

--> A vizsgálatok alapján
világos, hogy további
mérésekre van szükség
az épületen belül!



A DNAPL gócot meg lehet látni, nem mint Columbo feleségét, de meg kell dolgoznunk érte derekasan:

--> Gyűjtsük össze a szennyeződéssel kapcsolatos minden előzmény adatot

--> Alakítsunk ki helyes vizsgálati rendszert (furatok, szintek száma, furattávolságok, szűrőzés, stb.)

--> Keressük meg a gócot 3 lépésben:

(1) Előkeresés: Alvízi oldal megkeresése, FK / FAV szennyezettségi viszonyok megfigyelése

(2) Szűkítő iterációval jussunk el a góc környezetébe (használjuk az inverziót, ha lehet - általában lehet)

(3) Szabályos rácson csípjük el a góc kürtőt

--> Ha vannak zárt terek, vizsgáljuk a légtérben dúsulást (24 órás légtérdúsulás + doziméteres vizsgálat)

--> Csak ezután kezdjük bármiféle kármentesítés előkészítésébe



Köszöni figyelmüket és
további jó mulatást kívánva
üdvözli Önöket a

SZOrgalmas Lehatároló és Góckereső Anatómus = SZOLGA