



# Földalatti vezetékek térképezése Talajradar

# Miről lesz szó:

- Vezetékkutatás történeti áttekintése
- Hagyományos eszközök
  - Alkalmazási területek
  - Előnyök, hátrányok, korlátok, megbízhatóság
- Mikrohullámú talajradar
  - Működési elv, eszköztípusok
  - Alkalmazási területek
  - Előnyök, hátrányok, korlátok, megbízhatóság
  - Mérési módszerek
  - Feldolgozás, CAD
  - Ökölszabályok
  - Gyakorlati tapasztalatok
- Összefoglalás
- Kérdések

- Vezetékkutatás történeti áttekintése

- Kezdetben volt a kutatóárok
  - Megbízhatósága kiemelkedő
  - Eszköz / beruházás igénye alacsony
  - Költségigénye rendkívül magas
  - Időigénye rendkívül magas
- Alkalmazási területe
  - Burkolt területen korlátozott
  - Burkolatlan területen egyszerűbb



Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

- Vezetékkutatás történeti áttekintése
  - Szakmailag nem minősíthető megoldások: varázsvessző, pálca
    - Megbízhatósága megkérdőjelezhető
    - Költségigénye alacsony
    - Időigénye alacsony



# Hagyományos eszközök:

## Műszeres vezetékutatás megoldási lehetőségei érzékelési módszer szerint

- Passzív érzékelés
  - Indukciós alapú
  - Hang alapú
  - Radioaktivitás alapú
- Aktív érzékelés
  - Kivitelezéskor telepített passzív rezgőkör (marker) aktív keresése

## Modern eszköz:

- Radar alapú, aktív érzékelés

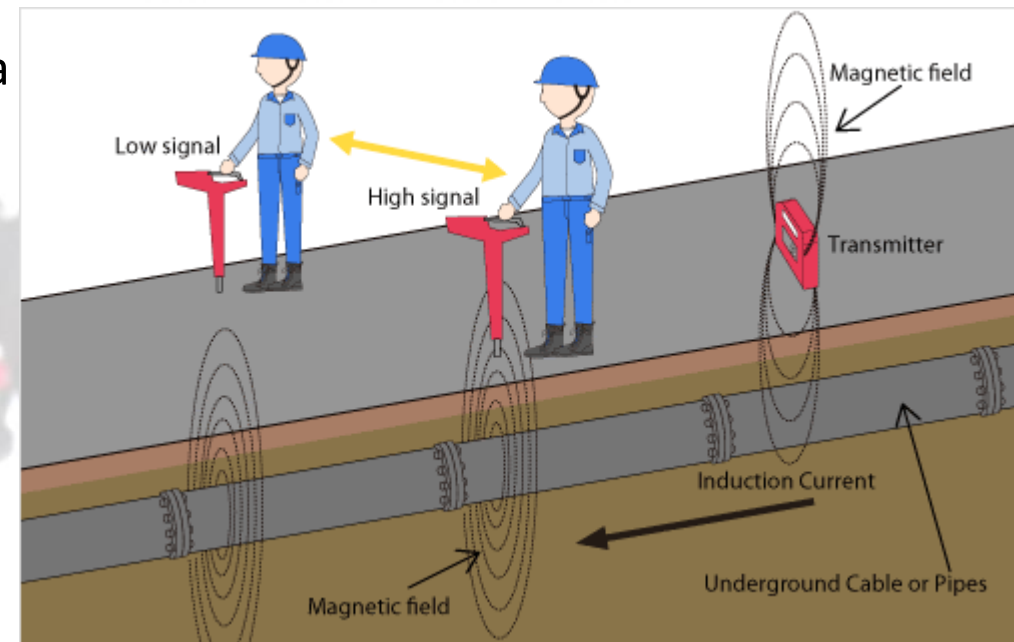
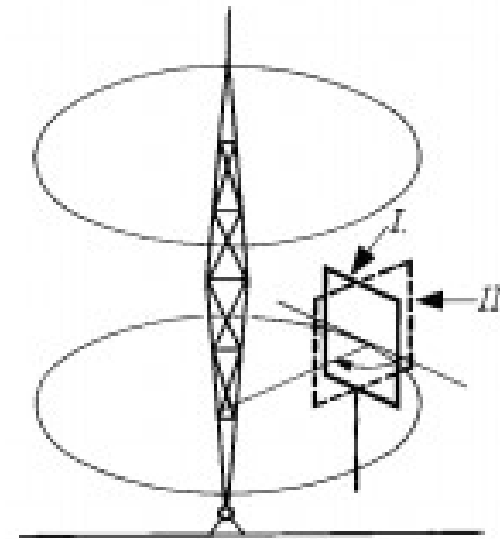
# Hagyományos eszközök:

Műszeres vezetékutatás megoldási lehetőségei  
vezeték anyaga szerint:

- Fémes vezeték
  - Indukciós
  - (hang, radioaktivitás)
- Nem fémes vezeték
  - Indukciós, de „trükközéssel”:  
(szenzorkábel, vezetőképes folyadék, stb.)
  - Kivitelezéskor telepített passzív rezgőkör (marker) aktív keresése

# Hagyományos eszközök

- Fémes anyagú vezetékek, kábelek esetében indukciós elven működő eszközök
- Működési elve
  - Fémes anyagban folyó áram mágneses mezőt kelt
  - Statikus mágneses mezőben mozgatott vezetőben (vagy váltakozó mágneses mezőben akár mozdulatlan vezetőben is) – detektor antenna – a áram indukálódik
  - Kutatóeszközben indukált áram jelzőeszközt működtet (Mutató, lámpa, hangszóró)
- Csatlakozás módja
  - Fémes
  - Indukciós (lakatfogó, keret antenna)



# Hagyományos eszközök

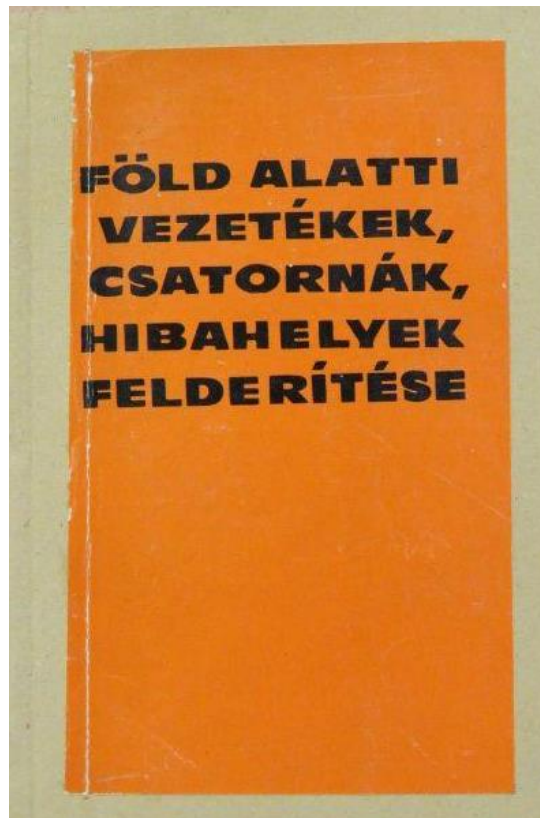
Fémes anyagú vezetékek, kábelek esetében indukciós elven működő eszközök kapcsolódási lehetőségei

- Hatótávolság (adótól való távolság), detektálási mélység, megbízhatóság szerint
  1. Fémes kapcsolat
  2. Lakatfogóval vagy keretantennával indukált vezeték
  3. Működő (áram alatt levő) vezetékek 50Hz-en történő detektálása
  4. „Levegőből” (rádióadások 70-110 MHz-es indukált jelének keresése)



# Hagyományos eszközök

- Indukciós elven működő eszközök magyar vonatkozása:
  - Csanda Ferencnek már 1962-ben jelent meg könyve a közműkutatásról:



## Tartalom

### I. Általános ismeretek

A) Bevezetés ..... 5

B) Vezetékkutató műszerek és eljárások csoportosítása .....12

Az elektronikus vezetékkutató műszer működési elve ... 13

### II. Nyomvonal és mélység megállapítás

A) Fémanyagú vezetékek felderítése ..... 24

1. Fémes kapcsolatú eljárás..... 24

2. Indukciós kapcsolatú eljárás..... 41

B) Nem fémanyagú vezetékek felderítése ..... 69

1. Fémhuzal alkalmazása ..... 70

a) Nyomás alatti vezetékek .....70

b) Gravitációs vezetékek .....78

2. Elektromágneses rezgések kibocsátására alkalmas folyadék alkalmazása .....87

# Hagyományos eszközök

- Indukciós elven működő eszközök magyar vonatkozása:
  - Csanda Ferencnek szabadalma és találmányai szólnak közműkutató eszközökről és módszerekről  
(1964, Nemzeti Múzeum (MTI)):



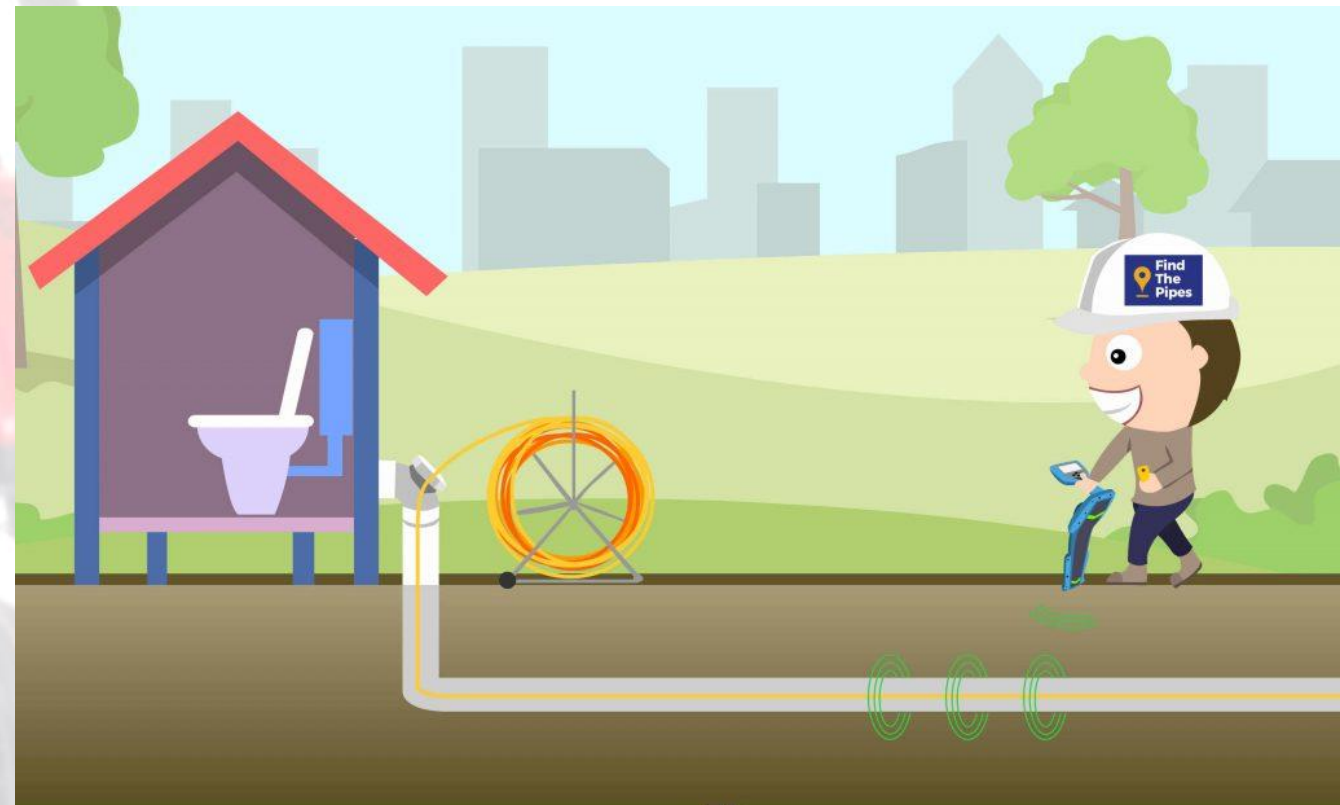
© MTI Fotó

Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Hagyományos eszközök

## Indukciós elven működő eszközök, de nem-fémes vezeték esetében

- Működési elve
  - Vezetékbe (csőbe) juttatott drót
    - Nyomás alatt levő rendszerben nem működik
  - Vezetékbe juttatott vezetőképes folyadék (pl. sóoldat)



# Hagyományos eszközök

- Indukciós elven működő eszközök, aktív keresés: rezgőkör
  - Működési elve
    - Passzív válaszjeladó (marker, rezgőkör) a kivitelezés során kerül a munkagödörbe
      - Kereső aktív jelet küld, melynek energiája a rezgőkörben válaszjelet generál, ezt érzékeli a kereső berendezés

Alkalmazási terület: nem-fémes vezetékek töréspontjainak jelölése

- **Nagyon megbízható**
- **Vizonylag pontos**
- **Létezik intelligens, attribútumadatokkal feltölthető marker**
- **Nem felejtjük el a munkagödörbe bedobni!**



© Seba



Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

GPR – Ground Penetrating Radar – „*Talajba hatoló radar*” – „Földradar”

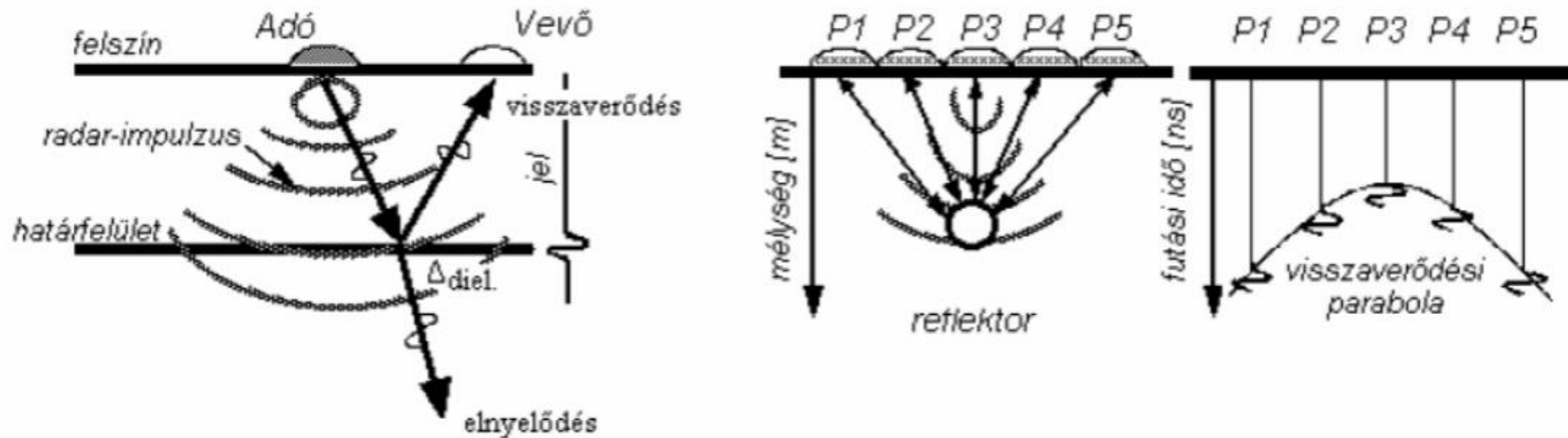
Működési elv:

- Aktív távérzékelés: Adó és vevő antenna egy antennaházban
- Mikrohullám (25-2000 MHz)
- Impulzus-üzem (~100-300 ns; 500-1000 impulzus/sec)
- Radarvisszhangok vétele felülethatárokról
  - Felülethatár: ahol a radarhullám terjedési sebessége megváltozik (Ezért csúsztatjuk az antennát a talajon, egyel kevesebb a réteghatár!)
  - Talajminőség (elektromos vezetőképesség, permittivitás) változása
    - Anyag
    - Víztartalom
    - Tömörség

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR– „Földradar”

Működési elv:



© Ágfalvi, Tóth

Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR– „Földradar”

### Működési elv – Statikus kísérleti megvalósítás



# Modern eszköz: Talajradar

- Kijelző, beépített GPS
- Akkumulátor
- Adó- és vevőantenna
- Kerék + kerékszenzor





# Modern eszköz: Talajradar

## Eszköztípusok:

- Egyfrekvenciás
- Többfrekvenciás
  
- Egy antennás
- Több antennás
  
- Kézi
- „Egyszemélyes”
- Járművel vontatott



© GSSI



© LandScope

Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

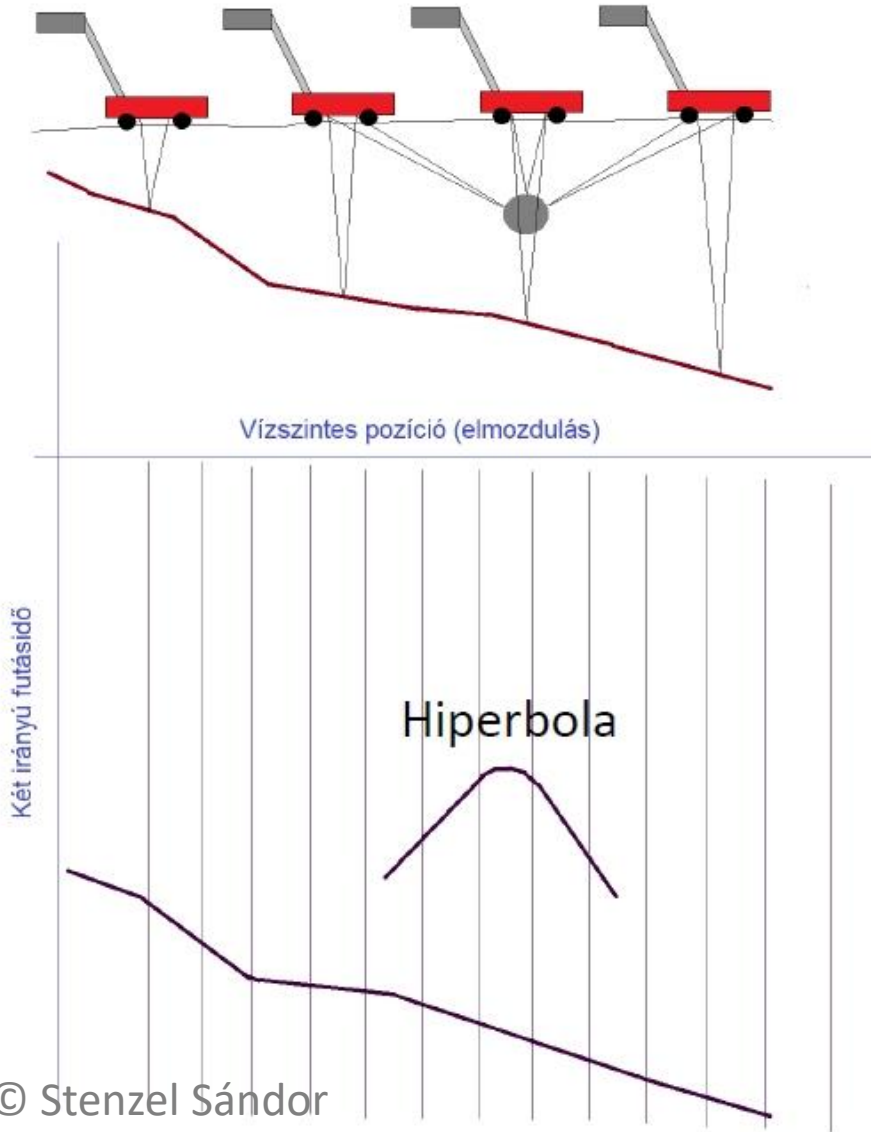
# Modern eszköz: Talajradar

GPR – „Földradar”

Működési elv:

Az eszköz mozgása során a visszavert jelet (és távolságot) a vízszintes tengelyre rajzolva visszaverődési hiperbolát kapunk (a keresztben fekvő objektumról)

A haladási iránnyal párhuzamos objektumról hossz-szelvényt kapunk



Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

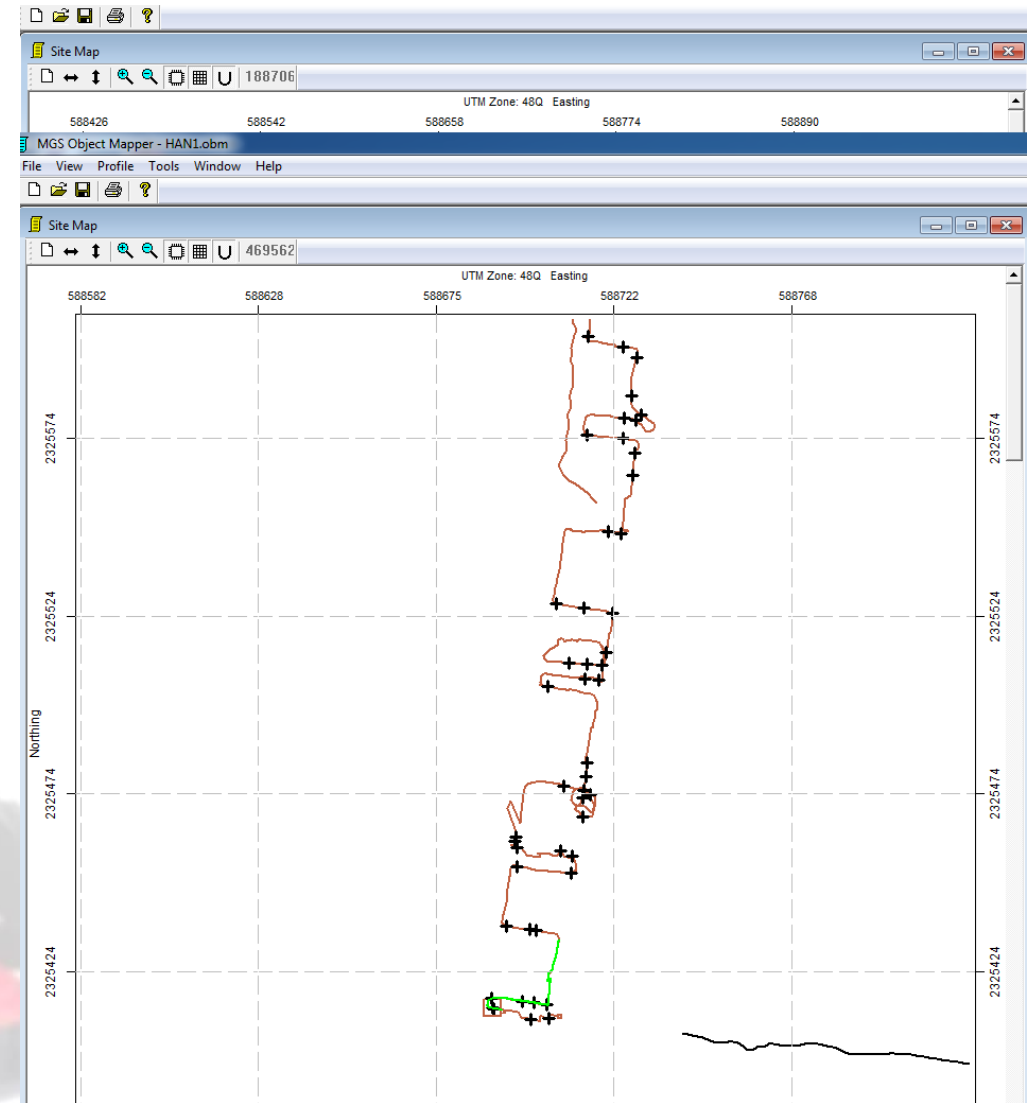
# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

Használat:

2D vagy 3D projektek:

- 2D: csak vonalas felmérés, kerékszenzor aktív, feltételezett vezetékre merőlegesen
- 3D: Rácshálóban mérés, GPS koordináták rögzítése, utólagos szoftveres kiértékelés



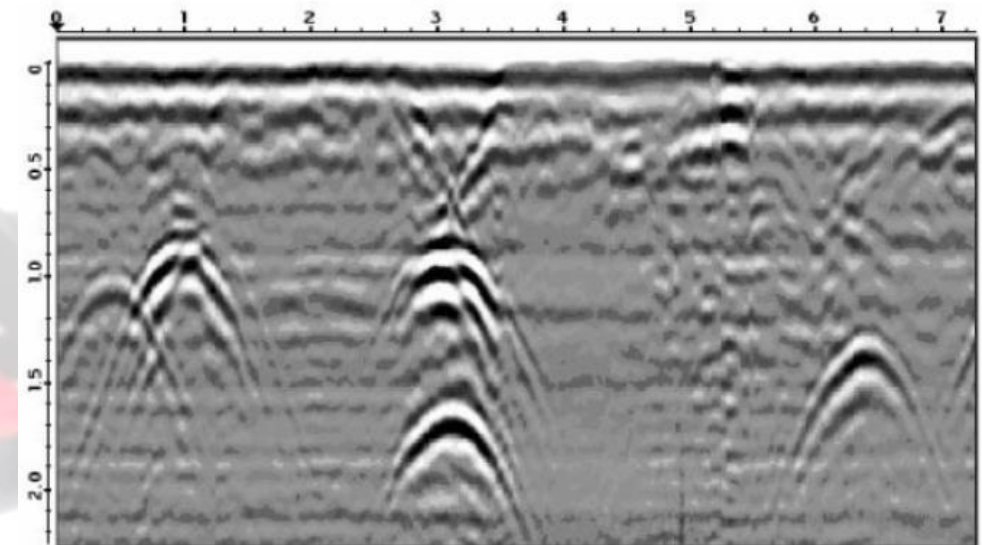
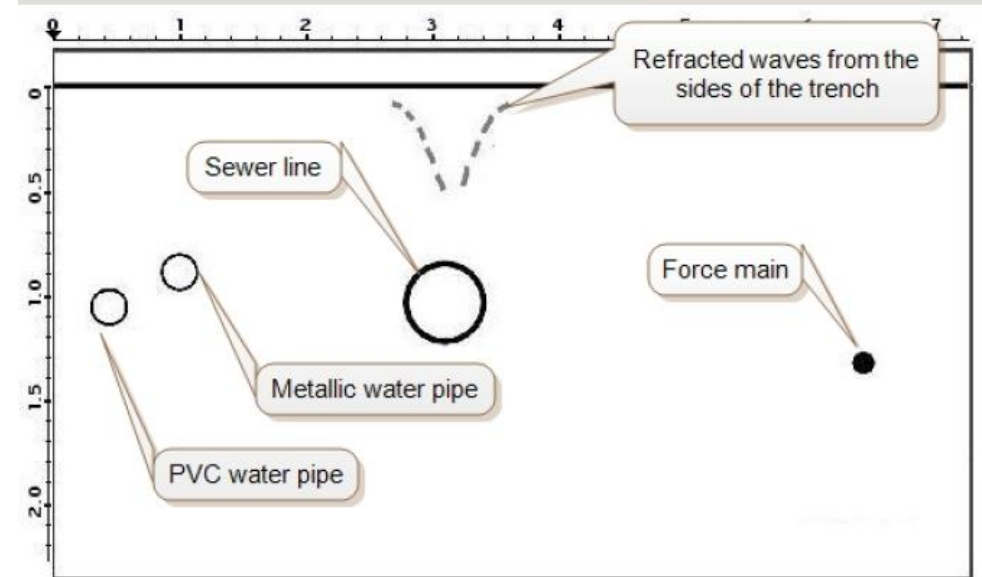
Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

Használat:

Radargramm értelmezése nagy gyakorlatot igényel – de akár az árok falát is észrevehetjük vele, ha a vezetékét nem is



© Mala

Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

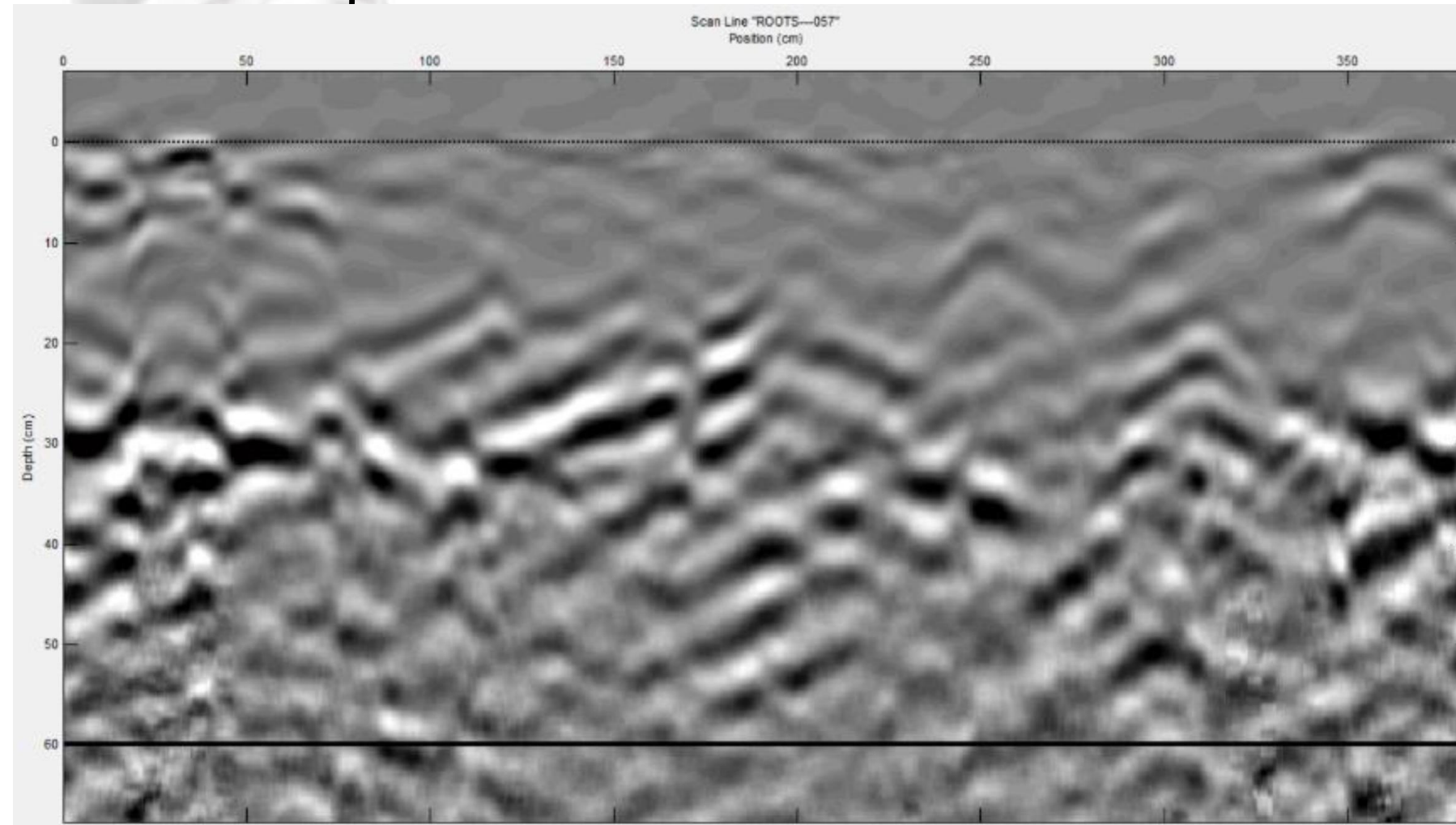
# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Használat:

Radargramm értelmezése nagy gyakorlatot igényel – mert néha csak ezt látjuk:

Vegyes, feltöltött, törmelékes, nedves talaj esetén ne csodálkozzunk



# Modern eszköz: Talajradar

GPR – „Földradar”

Jelterjedés sebessége:

MATERIAL	GPR VELOCITY	
	(m/ns)	(m/μs)
Air	0,3	300
Asphalt	0,14	140
Basalt (Wet)	0,11	110
Clay (Dry)	0,15	150
Clay (Wet)	0,06	60
Concrete (Dry)	0,13	130
Concrete (Wet)	0,09	90
Dolomite	0,122	122
	0,106	106
Dry Salt	0,13	130
Dry, sandy, flat coastal land	0,095	95
Granite	0,13	130
Ice	0,15	150
Limestone	0,12	120
Limestone (Wet)	0,11	110
Loamy/Clayey Soils (Dry)	0,19	190
Mineral/Sandy Soils (Dry)	0,13	130
Mixed soil components saturated	0,08	80
	0,13	130
Organic Soils	0,04	40
Permafrost Frozen Soil	0,13	130
Potash Ore	0,13	130
PVC, Epoxy, Polyesters, vinyls, rubber	0,173	173
Quartz	0,15	150
Sand & Gravel (Dry)	0,13	130
Sand & Gravel Frozen	0,14	140

MATERIAL	GPR VELOCITY	
	(m/ns)	(m/μs)
Sand (Dry)	0,15	150
Sand (dry) Quartz	0,12	120
	0,22	220
Sand (saturated freshwater)	0,05	50
Sand (wet)	0,055	55
Sand and mixed soil components, dry	0,12	120
	0,21	210
Sand Saturated	0,06	60
Sandstone (Wet)	0,13	130
Sandy Soils (Wet)	0,06	60
Sea Ice	0,15	150
	0,087	87
Sea Water	0,03	30
Shales (agyagpala)	0,09	90
Silt (saturated)	0,09	90
Silt (wet)	0,095	95
Silts (iszap)	0,07	70
Snow	0,25	250
Travertine (mészkö)	0,11	110
Volcanic Ash	0,09	90
Water	0,03	30
Water Distilled	0,033	33
Water Fresh	0,033	33

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

Jelterjedés sebessége:

Gyors jelterjedés = kis csillapítás = nagy detektálási mélység

Lassú terjedés = kis mélység (nedves agyagban, vízben max. 1 m)

- Kerüljük a nedves talajt
- Magas talajvizet
- Agyagot
- Magas szervesanyag tartalmat
- Sós talajt

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

Elektromos árnyékolás használhatatlanná teszi az eszközt:

- Betonacél
  - egyszerű, vékony acélból készült háló esetén van esélyünk, ha nincs mélyen a vasbeton lemez!
  - Többszörös háló, vastag betonacél esetén reménytelen!
- Fémlemez: Reménytelen



# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Pontosság:

- Vízszintes pontosság – GPS függő
  - Lehet RTK GNSS vevőt csatlakoztatni
  - Lehet festeni és utólag bemérni
  - A pozicionálás a kerékszenzor és a Külső RTK GPS segítségével pár cm-es megbízhatóságú
- Mélység meghatározás pontossága – talajminőség ismeretétől függő
  - Akár métereket is tévedhetünk, ha rosszul állítjuk be a talajminőséget
  - Átlagos terjedési sebesség mellett is akár 10-20%-ot tévedhetünk
  - Ismert mélységű műtárgy esetén kalibrálhatunk!

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Detektálási mélység:

- Frekvenciafüggő
- Vezetékatmérő függő

Antenna frekvencia (MHz)	Kereshető célpont mérete (m)	Mélység (m)	Maximális mélység (m)
25	1.0	5-30	35-60
50	0.5	5-20	20-30
100	0.1	2-15	15-25
250	0.05	1-10	5-15
500	0.04	1-5	3-10
800	0.02	0.4-2	1-6
...	...	...	...

© Stenzel Sándor

## Ökölszabály: 4 láb/ 4 hüvelyk

Azaz 120 cm mélyen 10 cm átmérőjű objektumot detektálhatunk.

1 lábbal mélyebben (150 cm) már csak az 5 hüvelykes (12.5 cm) átmérőjűt látjuk,

10 láb (3 méter) mélyen már csak a 25 cm átmérőjű vezetéket

Csörgits Péter

Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

GPR – „Földradar”

Ökölszabály: 4 láb/ 4 hüvelyk

1 cm-es optikai kábelt ne is keressünk vele:

2/5" → 2/5' , azaz kb. 12cm mélységig látjuk az 1 cm-es kábelt.

Bízzunk inkább a markerben, vezetősálban, de főleg a nyílt árkos bemérésben.

Ugyanez PVC vízcsőre: 1" → 1' (2.5 cm → 30 cm mélyen)

2" → 2' (5 cm → 60 cm mélyen)

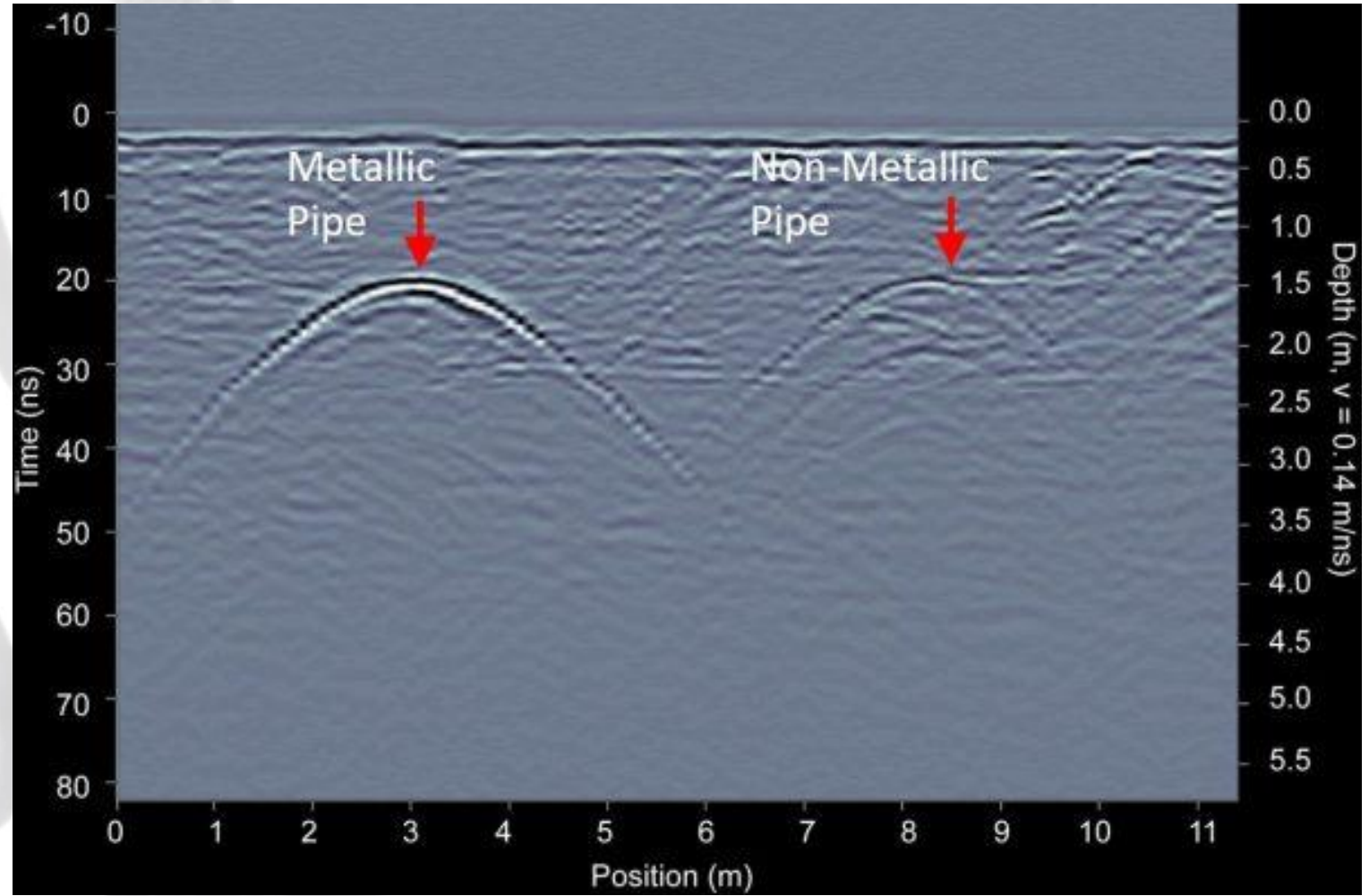
Lehet, hogy szerencsénk lesz, és meglátjuk az 1 collos csövet 1 méteren, de ez eszköztől és talajtípustól függ, ne erre alapozzuk vállalkozásunkat 😊

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Anyag meghatározása:

- Következtetni lehet a visszavert jel erősségéből
  - De!
  - Függ a mélységtől
  - Függ a talajtól



© PositionIT

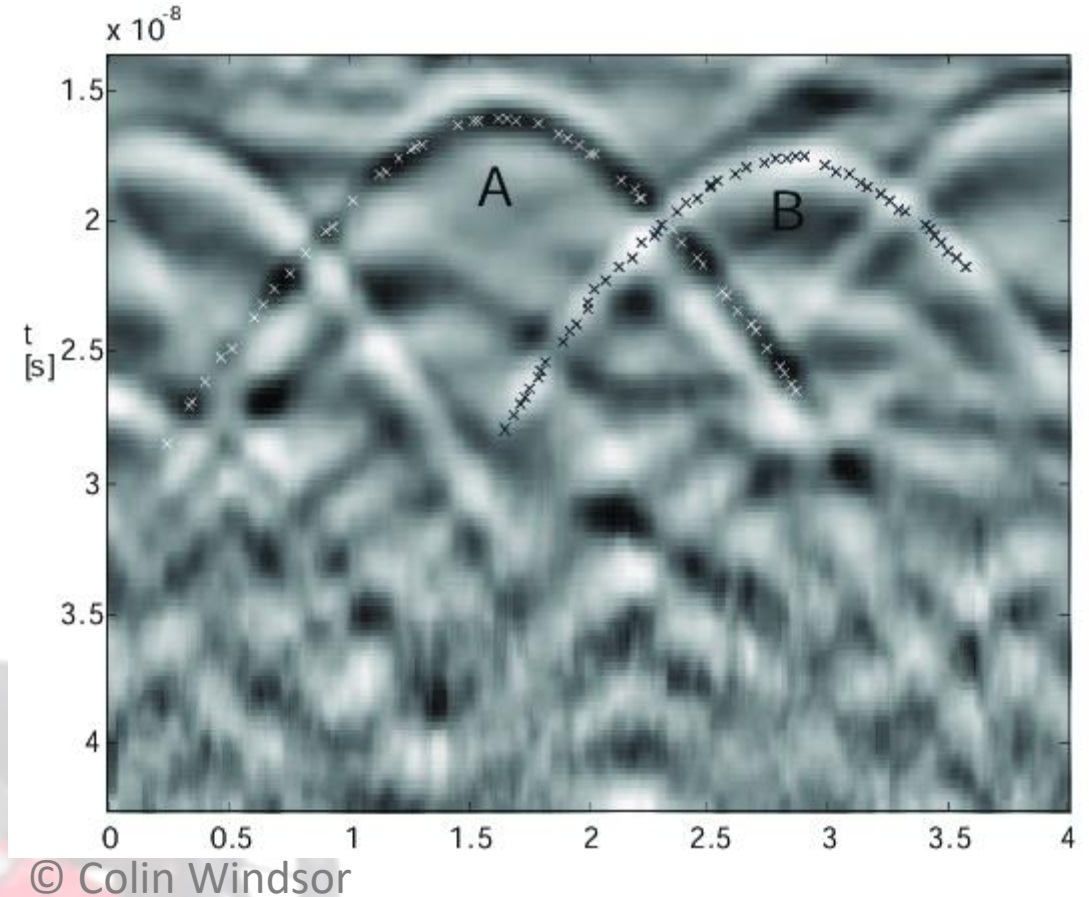
Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Vezeték / csőátmérő meghatározása:

- Közvetlenül nem mérhető
  - Visszaverési görbe alakja alapján általában eldönthető, hogy kicsi vagy nagy az átmérő, de csak azonos mélységű, erősen eltérő átmérők esetében
  - DE! Ellenpélda:
  - A=0,36m betoncső
  - B=0,08m fém kábel

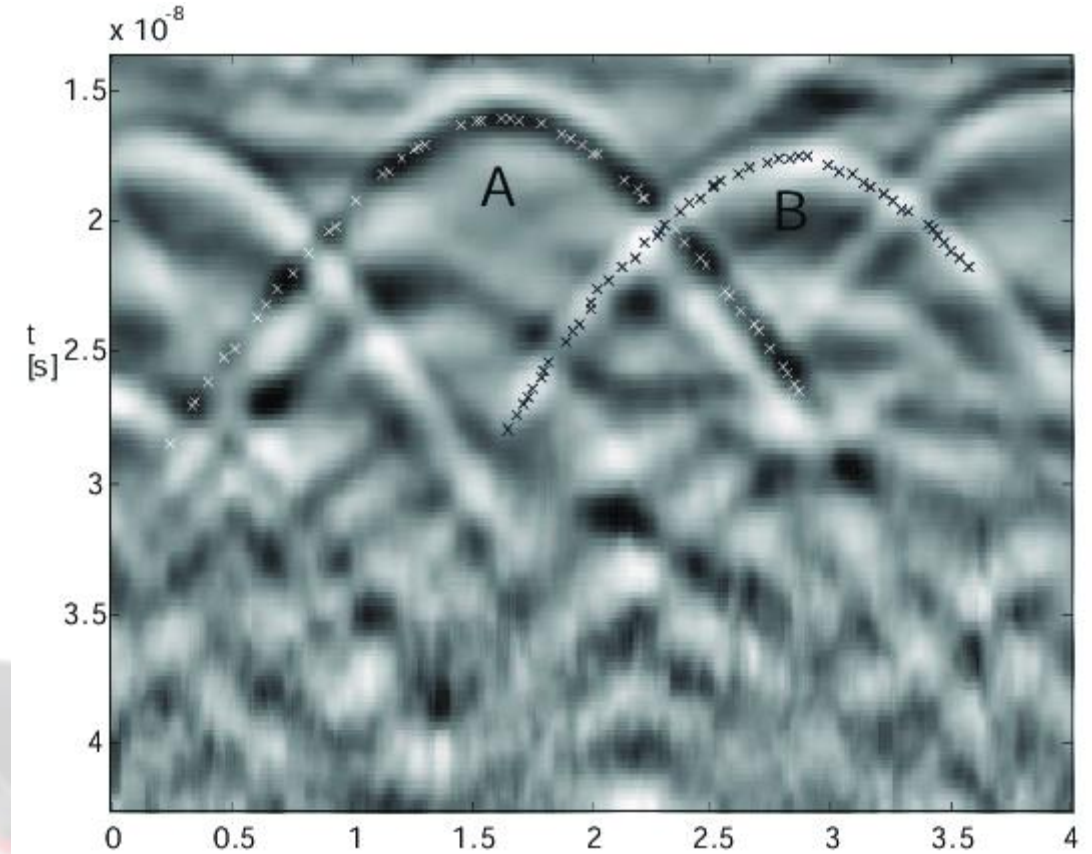


# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Mitől függ a hiperbola lapultsága:

- **Vezeték átmérője**  
(Nagyobb átmérő ugyanabban a mélységben laposabb görbét ad)
- **Vezeték mélysége**  
(mélyebben levő vezeték laposabb visszaverési görbét ad)
- **Keresztezés (áthaladás) szöge**  
(90°-ban a legkeskenyebb)
- **Talaj tulajdonsága**  
(Agyagban keskeny görbét, homokban széleset kapunk)



# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Vezeték / csőátmérő meghatározása:

- Közvetlenül nem mérhető
  - Radargrammok utólagos számítógépes feldolgozásával az átmérő számítható, ha a terjedési sebesség ismert
- DE!
- Digitalizálni kell a visszaverési görbét
- Fel kell fogadni egy matematikust

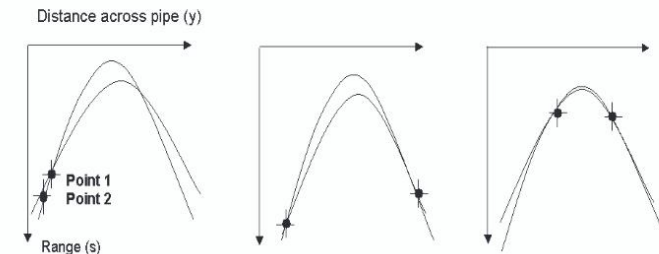
$$V_0 = 2 \{ [t_1(y_4 - y_3)(y_3 - y_2)(y_4 - y_2) + t_2(y_4 - y_3)(y_1 - y_4)(y_3 - y_1) - t_3(y_2 - y_1)(y_1 - y_4)(y_4 - y_2) - t_4(y_2 - y_1)(y_3 - y_2)(y_3 - y_1)] / [t_1 t_2 (t_2 - t_1)(y_4 - y_3) - t_3 t_2 (t_3 - t_2)(y_1 - y_4) + t_4 t_3 (t_4 - t_3)(y_2 - y_1) - t_1 t_4 (t_1 - t_4)(y_3 - y_2) - t_1 t_3 (t_3 - t_1)(y_4 - y_2) - t_2 t_4 (t_4 - t_2)(y_3 - y_1)] \}^{1/2} \quad (3)$$

$$R_0 = \frac{-(1/V_0)(y_3 - y_2)(y_1 - y_3)(y_2 - y_1) + (V_0/2)^2 [t_1^2 (y_3 - y_2) + t_2^2 (y_1 - y_3) + t_3^2 (y_2 - y_1)]}{[t_1(y_3 - y_2) + t_2(y_1 - y_3) + t_3(y_2 - y_1)]} \quad (4)$$

$$y_0 = \frac{1}{2} \frac{(y_2^2 - y_1^2) - (V_0/2)^2 (t_2^2 - t_1^2) - R_0 V_0 (t_2 - t_1)}{y_2 - y_1} \quad (5)$$

$$z_0 = [(R_0 + V_0 t_1/2)^2 - (y_1 - y_0)^2]^{1/2} \quad (6)$$

These results may be used to contribute to a histogram in any desired variable whose peaks will indicate the most probable value of the variable. 2, 3 or 4 dimensional histograms may also be constructed to indicate the most probable value of all variables.



© Windsor, Capineri, Falorni

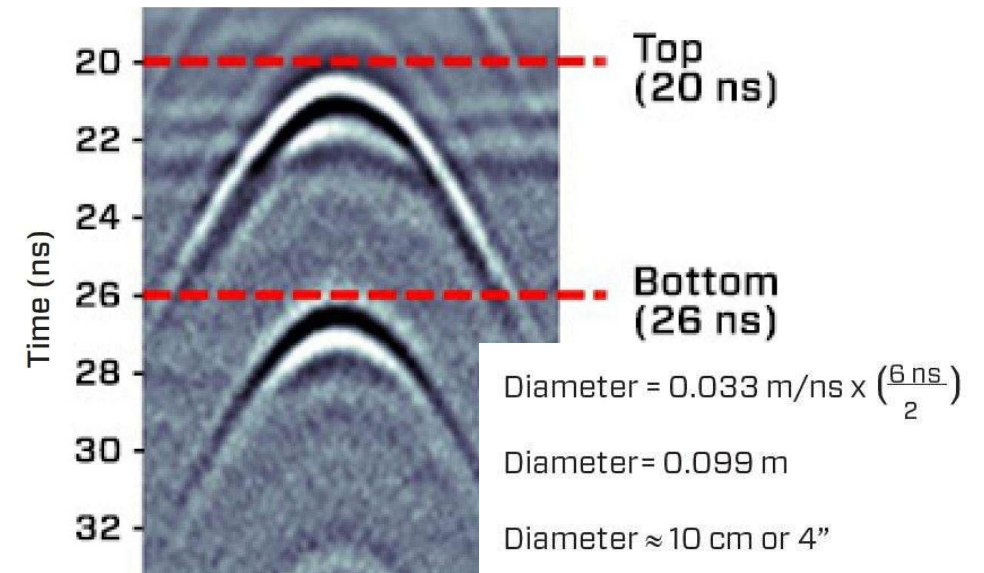
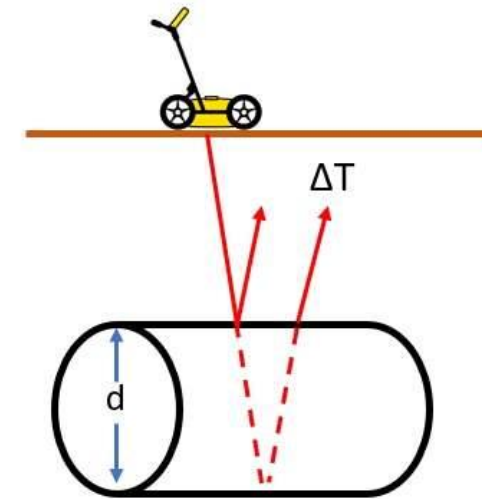
Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Vezeték / csőátmérő meghatározása:

- Közvetlenül nem mérhető
  - Ha a cső aljáról és tetejéről is van visszavert jelünk, akkor a csőben levő anyag ismeretében becsülhető (levegő? víz?)
- Vegyük észre, hogy 20/2 ns mélyen van a cső! Átlagos talajban ez kb. 120-140 cm.



© SenSoft.ca

Csörgits Péter

Főmérnök, Geodézia Zrt.

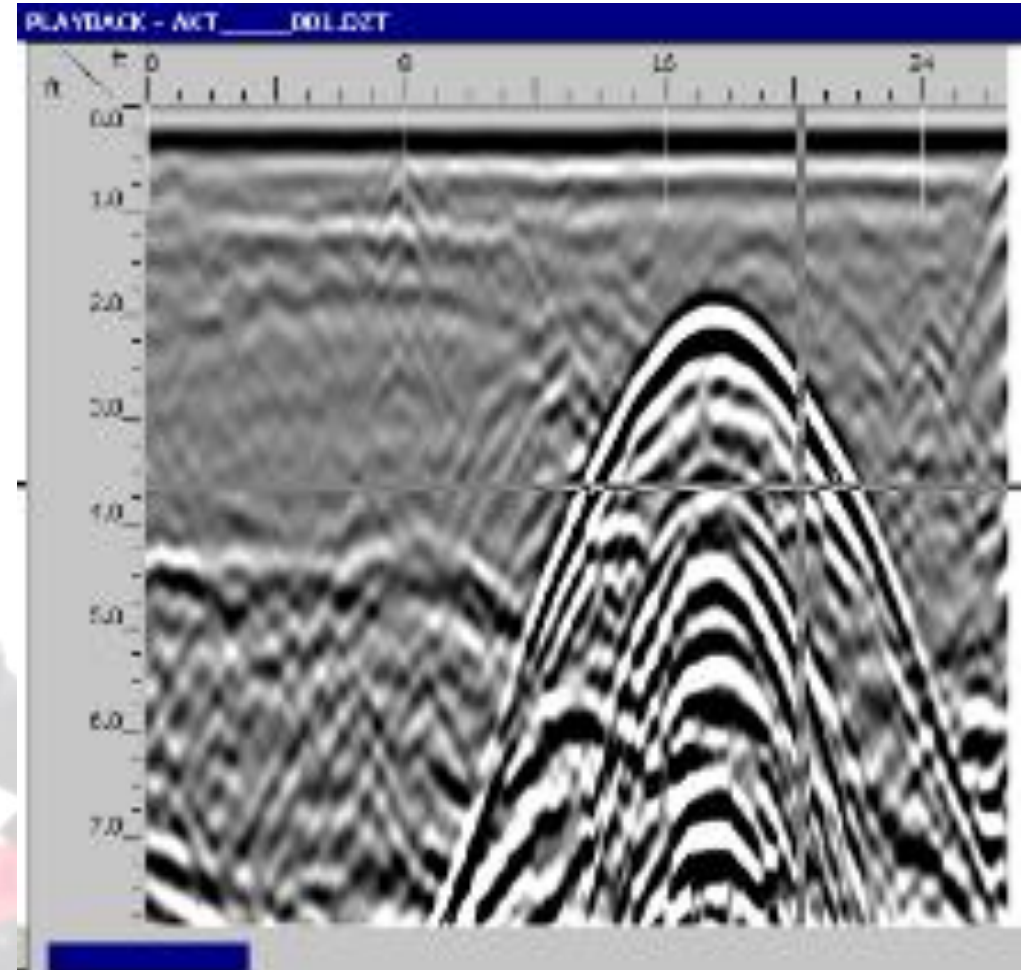


# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Vezeték / csőátmérő meghatározása:

- Ilyen szép jelre ritkán számíthatunk
  - Földalatti tartály, kb. 3x6 m



© gprsinc.com

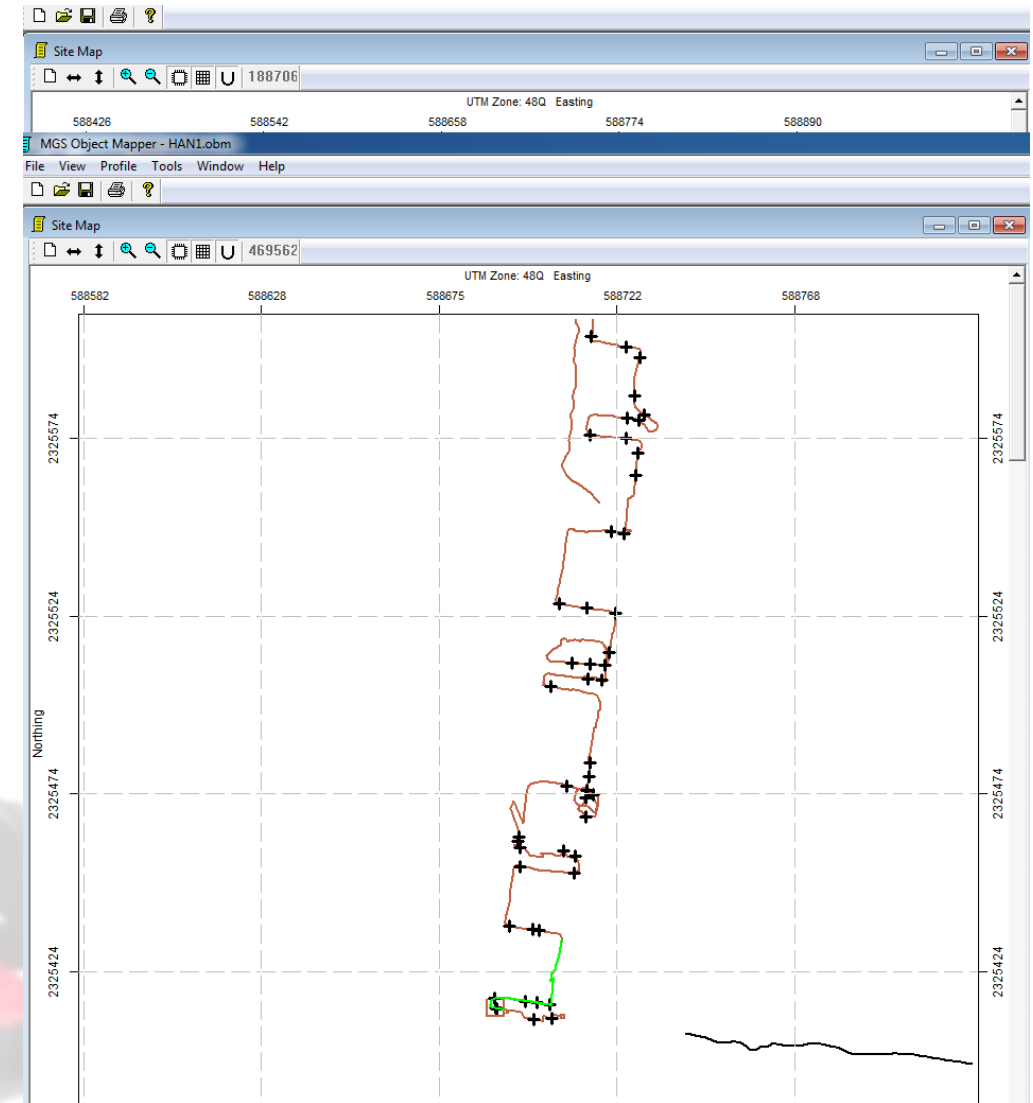
Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Feldolgozás, CAD átjárhatóság:

- Dedikált feldolgozó szoftverek
  - „Fedélzeten” megjelölt pontok exportja
  - Utófeldolgozás 3D projekt esetén
- AutoCAD export



Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

### Alkalmazási területek:

- Nagy átmérőjű (10-20++ cm), nem fémes vezetékek keresése (csatorna, alagút, víz gerinc, stb.)
- Kisebb átmérő esetén csak kis mélységig számítsunk megbízható eredményre
- Föld alatti tartályok keresésére
- Üregek, víztestek, sziklák keresése
- Nagyobb átmérőjű kábel keresésre, ha valamiért nem sikerül gerjesztenünk
- Bolygatott talaj keresésére (betemetett árok)
- Nem földmérő kategória, de betonszerkezetek vizsgálatára is használható (inkább a kisebb, kézi eszközök)

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

Korlátok, körülmények, ahol nem, vagy rosszabbul teljesít:

- Nedves és/vagy sós talajban
- Sok, vékony, különböző rétegből álló talajban (aszfalt + beton + homok + feltöltés)
- Nagyon vegyes anyagokból álló talajban (sitt feltöltés)
- Fémlemez alatt
- Betonvassal sűrűn behálózott vasbeton lemez alatt

# Modern eszköz: Talajradar

## GPR – „Földradar”

- Nagy terület, nagy mozgékonyság:
- 4-8-16 antenna egy csoportban
- 40 km/h vontatási sebesség
- Nagy területre, nagy forgalomra
- Aknakeresésre



# Életképek



Bahrain, Manama City, 2015



Hanoi, Vietnam 2017

Csörgits Péter  
Főmérnök, Geodézia Zrt.

# Modern eszköz: Talajradar

- Minden talajradaros kollégának hasonló „bonyolultságú” munkaterületet kívánok 😊





Köszönöm a figyelmüket, és várom kérdéseiket!