

KUTATÓÁRKOK DOKUMENTÁLÓ ÉS ÉRTELMEZŐ JELENTÉSE

(FELADATKÓD: 1.3.3)

2016. október 27.

Szerzők:

Dr. Halász Amadé (Geológus Kft.)
Dr. Konrád Gyula (Geológus Kft.)
Dr. Sebe Krisztina (Geológus Kft.)



Cím: 7633 Pécs, Esztergár Lajos u. 19.
Telefon: (72) 535-200 Fax: (72) 535-300

Cím: 1116 Budapest, Hengermalom utca 49-51.
Telefon: (1) 577-4680 Fax: (1) 577-4671

**PAKS II TELEPHELYENGEDELYÉNEK MEGSZERZÉSÉHEZ SZÜKSÉGES FÖLDTANI
KUTATÁS VÉGREHAJTÁSA**

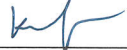
MÁ/PA2-16-FT-15
Verzió száma: VI

**KUTATÓÁRKOK DOKUMENTÁLÓ ÉS ÉRTELMEZŐ
JELENTÉSE**

(FELADATKÓD: 1.3.3)

Szerkesztette:

Név: Dr. Konrád Gyula
Geológus Kft.: Ügyvezető

Aláírás: 

Ellenőrizte:

Név: Dr. Barabás András
Beosztás: Projektvezető

Aláírás: 

Jóváhagyta:

Név: Csicsák József
Beosztás: Projektigazgató

Aláírás: 

Pécs, 2016.10.27.

Tartalomjegyzék

1.1.1	Vezetői összefoglaló.....	4
1.1.2	Bevezetés.....	5
1.1.3	A kutatóárok telepítésének előzményei.....	5
1.1.3.1	Kutatófúrások	7
1.1.4	A kutatóárok kivitelezése	15
1.1.4.1	Pa-21-I kutatóárok	15
1.1.4.2	Pa-21-II kutatóárok.....	15
1.1.5	A kutatóárok vizsgálatának eredményei.....	17
1.1.5.1	Pa-21-I árok.....	17
1.1.5.2	Pa-21-II árok.....	18
1.1.6	Összefoglalás.....	52
	Irodalomjegyzék.....	53

Ábrák jegyzéke

1. ábra. Felszínközeli vetőkutatásra kijelölt területek Dunaszetgyörgytől ÉNy-ra és Pakstól D-re, a felső-miocén képződmények feküszintvonalas mélységterképén ábrázolva ..	5
2. ábra. A Dunaszetgyörgy – Harta törészóna felépítése (nagyságrendekkel eltérő léptékben ábrázolva)	6
3. ábra. A Pa–21 szelvény mentén mélyült fúrásponatok és kutatóárkok elhelyezkedése	8
4. ábra. A Pa–22 szelvény mentén mélyült kutatófúrások elhelyezkedése	8
5. ábra. A Pa-22 jelű fúrások korrelációja a maganyag és a lyukgeofizikai mérések alapján .	10
6. ábra. A Pa-21-B fúrásban 29,0–29,9 m között dokumentált, közel függőleges, eltolódási sík a Tengelici Formációban. A karcok dőlésszöge ~ 5°(pirossal jelölve)...	12
7. ábra. A Pa–21–E jelű fúrás 1,75–2,0 m közötti maganyaga és annak CT felvétele	12
9. ábra. A Pa-21 sekélyszeizmikus szelvény értelmezett változata[22] és a Pa-21 fúrásokon keresztül fektetett földtani szelvény [1] a javasolt kutatóárok-nyomvonal feltüntetésével.....	14
10. ábra. A Pa-21-I jelű árok környezete a humusz kitermelése után.	15
11. ábra. Tereprendezés a Pa-21-II jelű árok nyomvonala mentén	16
12. ábra. A szakaszos árokhajtás negyedik üteme, mélységben a harmadik fogás (talp -2 m) kihajtása zajlik, a felső két 66 cm-es mélységszakasz támfalal biztosított	16
13. ábra. A kutatóárok mélyítésének és dokumentálásának módszerei a PA–21–II árok példáján	16
15. ábra. Az OSL kormeghatározásra vett minták helyzete a kutatóárookban	26
23. ábra. 32,3 méternél, -1,8 m szinten dokumentált szerkezet. Zavartalan rétegek közötti, minden bizonnyal földrengéses eredetű szinszediment deformáció	29
24. ábra. A kutatóárookban 0 – 55 m között követhető, 0,9 – 0,75 m talpmélységű réteg fényképe 11,7 és 28,7 méterből (fent), a zavart és a bioturbált rétegek kiemelésével (lent)	30
25. ábra. A 0 és 6,4 jelű szerkezet az árok DNY-i oldalában és talpán.	32
26. ábra. A 6,4 méternél dokumentált szerkezet	33
27. ábra. A markerponttól balra látszik a 0,5 jelű szerkezet, jobbra pirossal jelölve a 0,3 jelű.	34
28. ábra. A 0,5 méternél észlelt szerkezet kiterített ábrázolása.....	35
29. ábra. A 0,5 méternél dokumentált elem rétegdeformációi az ÉK-i oldalfalban, az ároktalp felett.....	36
31. ábra. Az 5,7 méterben észlelt szerkezet az ároktalp felett	38
32. ábra. En echelon szerkezetet mutató, kiékelődő hasadék az árok 37. méterében.	39
33. ábra. A 43,7 méterben észlelt szerkezet folytatódása az ároktalp alatt.	40
34. ábra. Elmozdulási felszín és kiékelődő törés 41 és 42 m között, az árok K-i falában	41
35. ábra. Normálvetőkkel kísért, felnyíló hasadék az árok 43,7 méterében, DK-i oldalfal a talp felett.....	42
36. ábra. A 43,7 méternél, 2 méter talp felett észlelt szerkezet kiterített ábrázolásban	43
38. ábra. 68,3 méternél észlelt, fölfelé csak 60 cm-t követhető szerkezet	46
39. ábra. A 73,2 méternél észlelt szerkezet	47
40. ábra. A 72,8 méternél észlelt szerkezet jellegzetessége az erős karbonátosodás	47
44. ábra. A szeizmotektonikus elemek sztereogramja	49
45. ábra. Recens (balra és közepen) és fosszilis (jobbra) benyomulások homoktelérek	49
46. ábra. Benyomulások telérek jellemzői.....	50
47. ábra	51

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat A Pa-21 szelvény mentén lemélyült 7 db kutatófúrás műszaki adatai..... 7
3. táblázat A Pa-21 és Pa-22 jelű „vetőkutató” fúrások koordinátái és vázlatos rétegsoruk .. 11

Melléletek jegyzéke

1. melléklet. A Pa-21-II árok 1:200 méretarányú szelvénye

1.1.1 Vezetői összefoglaló

A tervezett Paks II. telephely alkalmasságot vizsgáló Földtani Kutatási Program (FKP) egyik legfontosabb feladata megállapítani, hogy a vizsgált területen történtek-e a negyedidőszak során tektonikus elmozdulások.

A földtani térképezés eredményei, geomorfológiai megfontolások, továbbá a sekélyszeizmikus P- és S-hullám mérések arra utaltak, hogy a 3D szeizmikus képből megismert vetők egyes területeken a felszínközelbe hatolnak. Továbbra is kérdés maradt azonban, hogy ezek a szerkezetek harántolják-e a negyedidőszaki képződményeket. Ennek eldöntéséhez folyt a sekélyföldtani kutatás a felszínközelbeli anomáliák kimutatására alkalmas multielektródás és sekélyszeizmikus mérésekkel, vetőkutató fúrásokkal, majd árkolással.

A paksi terület korábbi és jelen kutatási szakaszában különféle módszerekkel nyert adatok már utaltak arra, hogy a Dunaszentgyörgy–Harta vetőzóna a terület fiatal és aktív tektonikai eleme. Ez a törérendszer a „Kapos-vonalhoz” csatlakozik, amelynek jelenkori aktivitásáról már jelentek meg publikációk.

A kutatóárkokban tett megfigyelések alapvető adatokkal járultak hozzá a jelenkori tektonikai folyamatok minősítéséhez, a Dunaszentgyörgy–Harta vetőzóna aktivitásának megismeréséhez. Olyan szeizmotektonikus jelenségek váltak ismertté, amelyek csapásuk, meredekségük, belső szerkezetük alapján az aljzatról ismert eltolódási rendszerhez tartoznak, annak egy negatív virágszerkezetű dilatációs szakaszát képviselik. Az észlelt mozgások a késő-pleisztocén rétegeket érintették, amelyek kora 20 ezer év körüli. Egyenletes üledékképződést feltételezve az OSL koradatok alapján a szeizmotektonikus szerkezetek kora 18–20 ezer év, a különböző felhatolási magasság alapján két generációra oszthatók. Szintén az OSL koradatokból származtatva a visszatérési idő ezer év nagyságrendűnek becsülhető. Ez egyezik a földrengési adatokból illetve más területek szeizmitjeiből számított visszatérési idővel.

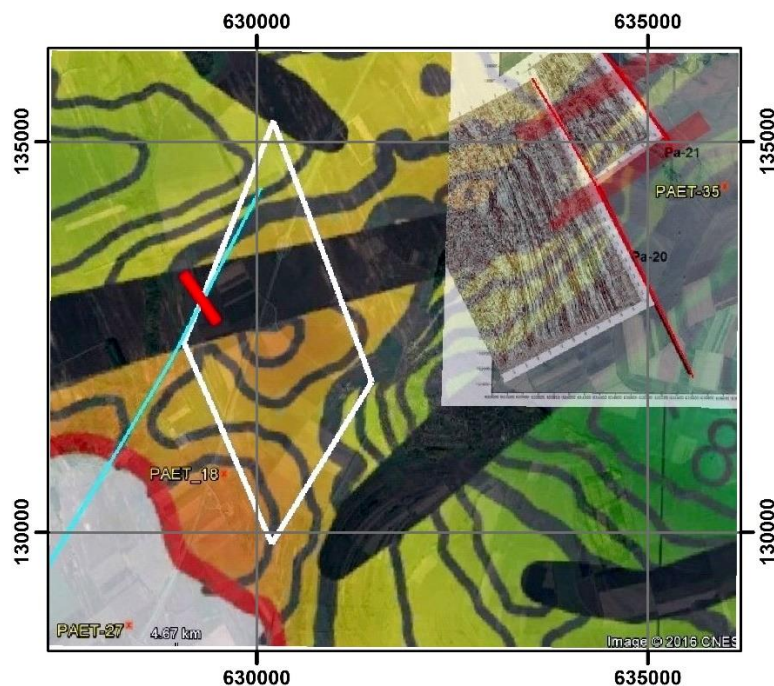
Hangsúlyozandó, hogy a kutatóárkokból származó ismeretek szerint még ebben a tektonikusan aktív zónában sem alakult ki érdemleges, szignifikáns elvetés a vizsgált képződményekben.

1.1.2 Bevezetés

A tervezett Paks II. telephely alkalmasságot vizsgáló Földtani Kutatási Program (FKP) egyik legfontosabb feladata megállapítani, hogy a vizsgált területen történtek-e a negyedidőszak során tektonikus elmozdulások. Minthogy a legfiatalabb negyedidőszaki képződmények a felszínen találhatóak, a kutatás kézenfekvő módszere lett az árkolás. A feladat nehézségét a kutatóárok megfelelő nyomvonalának a kijelölése jelentette. Ehhez a számos módszert felvonultató sekélyföldtani kutatás szolgált adatokkal.

1.1.3 A kutatóárok telepítésének előzményei

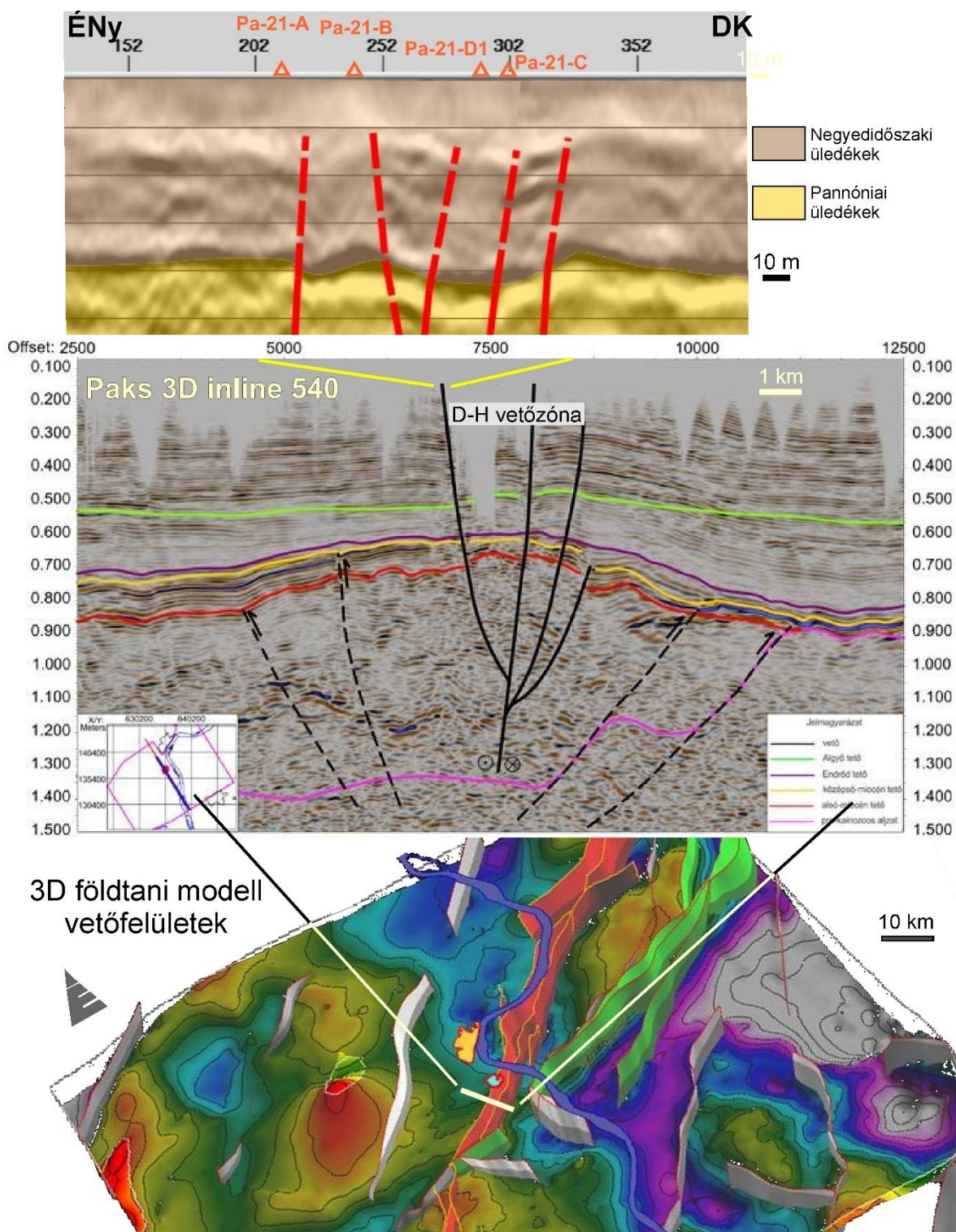
A 3D szeizmikus kutatás eredményei megerősítették és pontosították a korábban kialakult szerkezetföldtani képet, amely szerint Paks környezetében több oldalelmozdulásos szerkezeti zóna található. A földtani térképezés eredményei, geomorfológiai megfontolások, továbbá a sekélyszeizmikus P- és S-hullám mérések arra utaltak, hogy a 3D szeizmikus képből megismert vetők egyes területeken a felszínközeli hatolnak [22] (1. ábra, 2. ábra). Továbbra is kérdés maradt, hogy ezek a szerkezetek harántolják-e a negyedidőszaki képződményeket. Ennek eldöntéséhez folyt a sekélyföldtani kutatás a felszínközeli anomáliák kimutatására alkalmas multielektródás és sekélyszeizmikus mérésekkel, vetőkutató fúrásokkal, majd árkolással. Az aktív vetőre utaló geomorfológiai anomáliáról (1. ábra) a multielektródás mérések kimutatták, hogy nem tektonikusan preformáltak. Ezután két olyan területsáv maradt, ahol az aljzatban kimutatott vetők a felszínközeli eredményesen nyomozhatók lehetnek: a Pa-21-es és a Pa-22-es sekélyszeizmikus szelvény nyomvonala [1]. A szerkezeti képet pontosítandó, 30–50 m talpmélységű „vetőkutató” fúrások mélyültek, részben maggal, részben teljes szelvénnel.



1. ábra. Felszínközeli vetőkutatásra kijelölt területek Dunaszentgyörgytől ÉNy-ra és Pakstól D-re, a felsőmiocén képződmények feküszíntvonalas mélységterképén ábrázolva

Dunaszentgyörgytől ÉNy-ra a felszínen a fehér határvonallal jelölt süllyedék található. Ennek elsősorban a kézzel jelölt ÉNy-i határát vélték a geomorfológiai értékelés során tektonikusan preformáltak. A multielektródás mérések ezt cáfolták. Az alaptérképen a 3D szeizmika alapján fekete vonallal jelölt szerkezeti elemek felszínközeli helyzetét a sekélygeofizika (Pa-20 és Pa-21 jobbra fent) pontosította (széles piros vonalak).

1.3.3 Kutatóárcok dokumentáló és értelmező jelentése



2. ábra. A Dunaszentgyörgy – Harta törészóna felépítése (nagyságrendekkel eltérő léptékben ábrázolva)

A 3D földtani modell vetőfelületei (lent) [8] közül kivétve látható a Paks 3D 540-es vonal mentén értelmezett szeizmikus időszelvény (középen) [20]. Felette a Pa-21-S-Geomega S hullám értelmezett szeizmikus szelvény.

1.1.3.1 Kutatófúrások

A Pa–21 szelvény mentén telepített sekélyfúrásokat a területen húzódó nagyfeszültségű elektromos távvezetékek és az ingatlanviszonyok miatt többször át kellett helyezni. A fúrások közül az E1 jelű kezdetben ütvefúrásos technológiával mélyült, de a lassú előrehaladás miatt Geobor-S fúrásmóddal mélyült tovább. Ezzel a módszerrel viszont a talajvízszint (5–6 m) alatti, laza, cementálatlan, homokos-kavicsos üledékekből – fizikai korlátok miatt – nem sikerült megfelelő minőségű magot venni, ezért a technológia úgy módosult, hogy a homokos-kavicsos ösztlet aljáig teljes szelvényvel, védőcső folyamatos lesüllyesztése mellett történt a fúrás, majd onnan tovább a talpig Geobor-S magfúrással (1. táblázat).

1. táblázat A Pa–21 szelvény mentén lemélyült 7 db kutatófúrás műszaki adatai

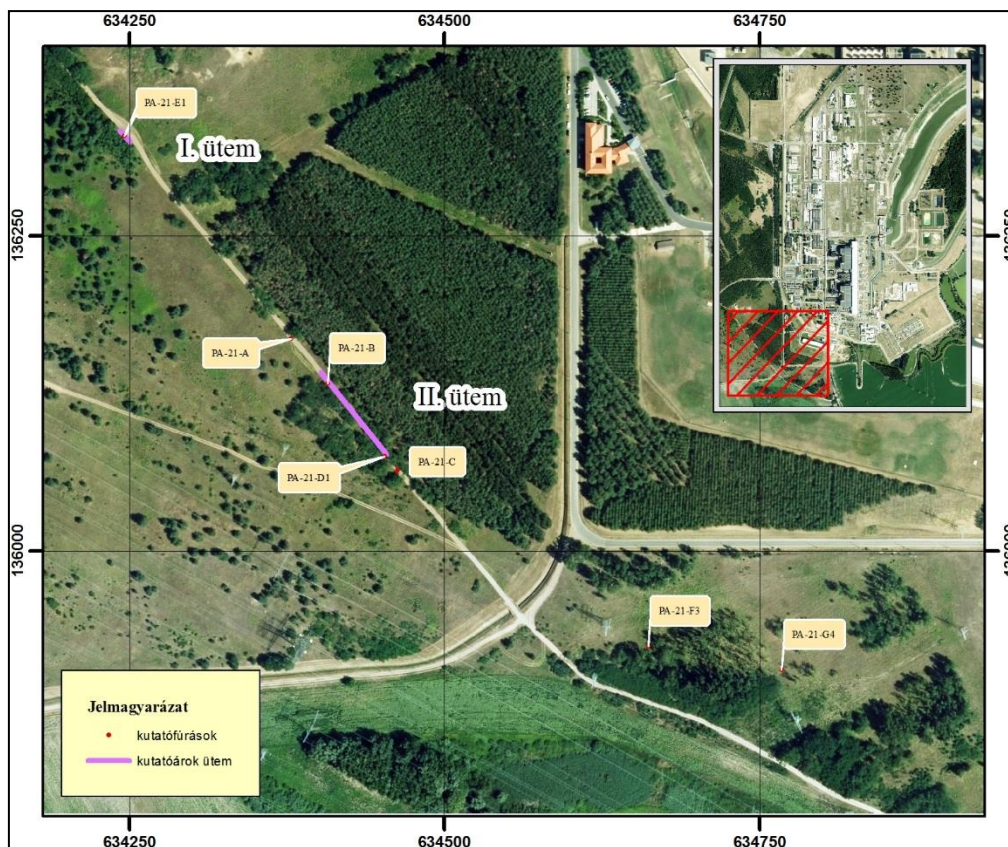
Fúrás jele	1. magfúrásos szakasz	teljes szelvényű szakasz	2. magfúrásos szakasz
Pa–21–A	-	0,00–28,00 m	28,00–40,00 m
Pa–21–B	-	0,00–28,00 m	28,00–40,00 m
Pa–21–C	0,00–6,07 m	-	6,07–37,90 m
Pa–21–D1	-	0,00–25,90 m	25,90–40,00 m
Pa–21–E1	0,00–4,61 m	4,61–24,36 m	24,36–40,73 m
Pa–21–F3	-	0,00–35,50 m	35,50–50,50 m
Pa–21–G4	-	0,00–28,00 m	28,00–40,00 m

A Pa–22 szelvény menti fúrások (4. ábra) 4–6 m-es mélységig öblítés nélküli, spirál magfúrással (HSA), ez alatt Geobor-S fúrással mélyültek, védőcső folyamatos lesüllyesztése mellett. A Pa–21 szelvény fúrásaihoz hasonlóan, a talajvízszint alatti, laza, cementálatlan, homokos-kavicsos üledékekből kb. 24 m-es mélységig nem sikerült megfelelő minőségű magot venni, ezért ezeken a szakaszokon a Geobor-S szerszámra felhelyezett teljes szelvényű fúróval haladt tovább a fúrás, de innen is rendelkezésre állnak a zacskózott furadékminták. Ez alatt a kőzetanyag konszolidáltabbá vált, így ismét lehetőség volt a Geobor-S magvételre, egészen talpig. A Pa–22 jelű fúrások műszaki adatait a 2. táblázat tartalmazza.

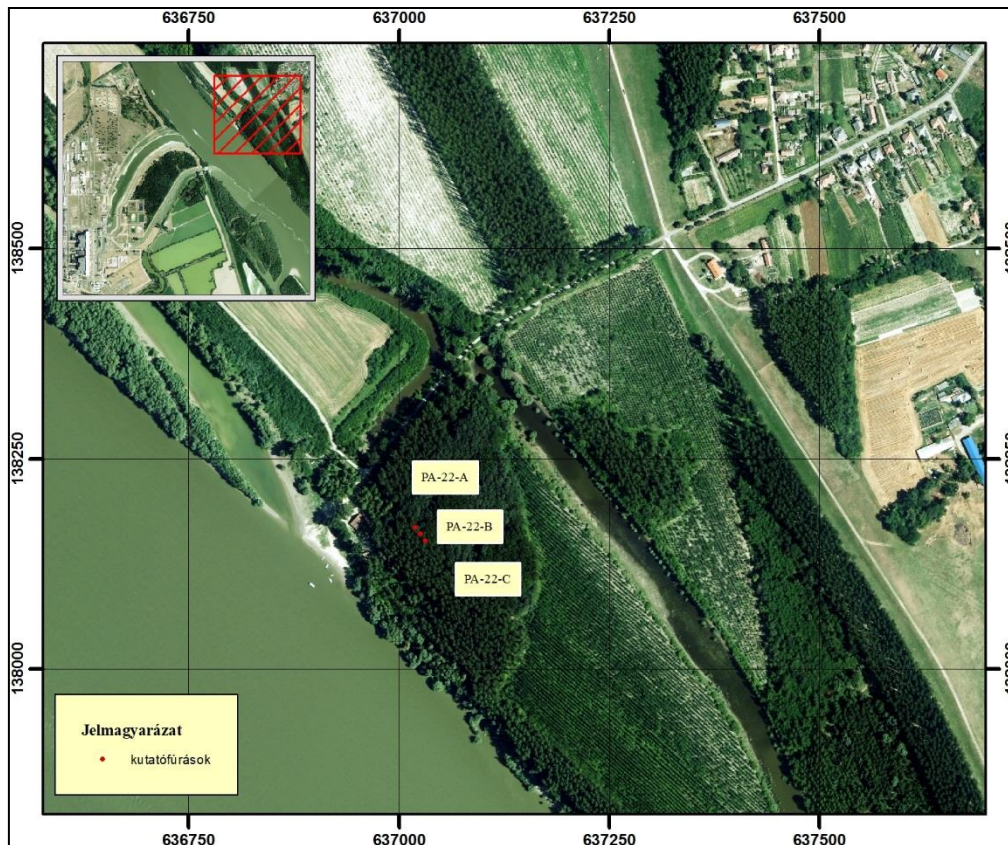
2. táblázat. A szelvény mentén lemélyült 3 db kutatófúrás műszaki adatai

Fúrás jele	1. magfúrásos szakasz	teljes szelvényű szakasz	2. magfúrásos szakasz
Pa–22–A	0,00–4,60 m	4,60–24,36 m	24,36–40,50 m
Pa–22–B	0,00–4,35 m	4,35–24,36 m	24,36–40,50 m
Pa–22–C	0,00–15,20 m	15,20–24,20 m	24,20–40,57 m

1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése



3. ábra. A Pa-21 szelvény mentén mélyült fúrásponatok és kutatóárkok elhelyezkedése



4. ábra. A Pa-22 szelvény mentén mélyült kutatófúrások elhelyezkedése

A kutatófúrások vizsgálata

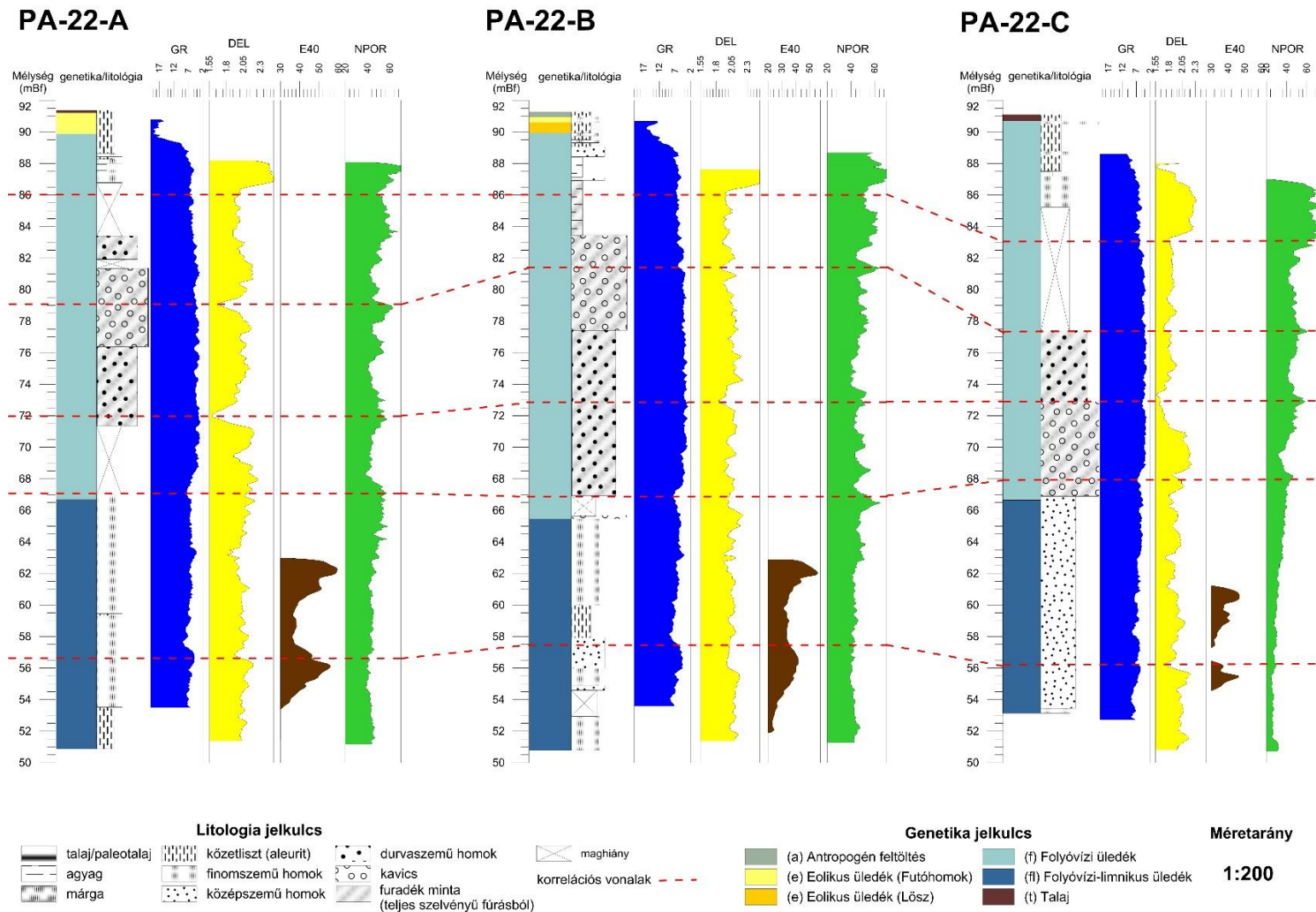
A fúrásokban komplex karotázsmérés készült, a PAET sekélyfúrásokban alkalmazott karotázs-komplexummal azonos mérési csomaggal. A karotázs használhatóságát kisebb mértékben korlátozta a jellemzően 28–29 m-es mélységig lerakott védőcső (elektromos mérések elmaradása ezen a szakaszon), de a mérések jelentős része így is elvégezhető és értékelhető volt.

Valamennyi kutatófúrás maganyagáról CT felvétel készült a Pécsi Tudományegyetem Diagnosztikai Központjában. Ezzel a módszerrel még a fúrómagokat tartalmazó PVC csövek felvágása előtt, bolygatás nélkül lehetett a kőzetek belső szerkezetét vizsgálni, ami fontos szempont olyan esetben, amikor zavart zónák azonosítása, esetleges tektonikai jelenségek kimutatása a cél.

A CT mérések után került sor a PVC csövek felvágására, a maganyag fényképezésére és a fúrások litológiai-tektonikai dokumentációjának elkészítésére [17]. A teljes szelvényű fúrási szakaszokról vett furadékminták is leírásra kerültek, ezek esetében a megállapított réteghatárok bizonyos hibával (jellemzően néhány deciméter) terheltek.

A Pa–22 szelvényben mélyült három fúrás (Pa–22–A, –B, –C) (4. ábra) karotázsszelvényeinek, maganyagának és CT felvételeinek az együttes értékelése alapján a rétegsor felső harminc méterében tektonikus zavar nem volt kimutatható, [2] (5. ábra), ezért azon a területen a vetőkutatás befejeződött.

1.3.3 Kutatóárcok dokumentáló és értelmező jelentése



5. ábra. A Pa-22 jelű fúrások korrelációja a maganyag és a lyukgeofizikai mérések alapján

A rétegsorok jól korrelálhatók, a kisebb litológiai különbségek a folyóvízi fácies heteropikus felépítéséből adódnak.

1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése

3. táblázat A Pa–21 és Pa–22 jelű „vetőkutató” fúrások koordinátái és vázlatos rétegsoruk

PA-21	EOV Y (m)	EOV X (m)	Z(mBf)	Képződmény	Rétegtani egység	Rétegtető (m)	Rétegtalp (m)	Vastagság (m)	Fúrástalp (m)
A	634 378,13	136 168,62	95,48	Qh2		0,00	3,00	3,00	40,0
A	634 378,13	136 168,62	95,48	Qh1		3,00	6,00	3,00	40,0
A	634 378,13	136 168,62	95,48	Qp3		6,00	28,00	22,00	40,0
A	634 378,13	136 168,62	95,48	eldPl-Qp1	Tengelici F.	28,00	40,00	12,00	40,0
B	634 407,29	136 132,73	95,23	Qh2		0,00	3,00	3,00	40,0
B	634 407,29	136 132,73	95,23	Qp3		3,00	28,10	25,10	40,0
B	634 407,29	136 132,73	95,23	eldPl-Qp1	Tengelici F.	28,10	40,00	11,90	40,0
C	634 462,56	136063,83	95,29	Qh2		0,00	3,20	3,20	37,9
C	634 462,56	136 063,83	95,29	Qh1		3,20	8,57	5,37	37,9
C	634 462,56	136 063,83	95,29	Qp3		8,57	28,61	20,04	37,9
C	634 462,56	136 063,83	95,29	eldPl-Qp1	Tengelici F.	28,61	33,47	4,86	37,9
C	634 462,56	136 063,83	95,29	M3	Újfalui F.	33,47	37,90	4,43	37,9
D 1	634 452,51	136 075,08	95,23	Qh2		0,00	3,00	3,00	40,0
D 1	634 452,51	136 075,08	95,23	Qh1		3,00	11,00	8,00	40,0
D 1	634 452,51	136 075,08	95,23	Qp3		11,00	28,59	17,59	40,0
D 1	634 452,51	136 075,08	95,23	eldPl-Qp1	Tengelici F.	28,59	35,00	6,41	40,0
D 1	634 452,51	136 075,08	95,23	M3	Újfalui F.	35,00	40,00	5,00	40,0
E 1	634 245,94	136 329,66	94,74	Qh2		0,00	2,95	2,95	40,0
E 1	634 245,94	136 329,66	94,74	Qh1		2,95	6,10	3,15	40,0
E 1	634 245,94	136 329,66	94,74	Qp3		6,10	24,36	18,26	40,0
E 1	634 245,94	136 329,66	94,74	M3	Újfalui F.	24,36	40,00	15,64	40,0
F 3	634 661,97	135 923,95	96,15	Qh2		0,00	3,00	3,00	50,5
F 3	634 661,97	135 923,95	96,15	Qp3		3,00	33,00	30,00	50,5
F 3	634 661,97	135 923,95	96,15	M3	Újfalui F.	33,00	50,50	17,50	50,5
G 4	634 767,84	135 905,32	96,39	Qh2		0,00	3,00	3,00	40,0
G 4	634 767,84	135 905,32	96,39	Qp3		3,00	28,10	25,10	40,0
G 4	634 767,84	135 905,32	96,39	M3	Újfalui F.	28,10	40,00	11,90	40,0
PA-22	EOV Y (m)	EOV X (m)	Z(mBf)	Képződmény	Rétegtani egység	Rétegtető	Rétegtalp	Vastagság (m)	Fúrástalp
A	637 019,32	138 167,99	91,38	Qh		0,00	7,96	7,96	40,50
A	637 019,32	138 167,99	91,38	Qp3		7,96	23,00	15,04	40,50
A	637 019,32	138 167,99	91,38	M3	Újfalui F.	23,00	40,50	17,50	40,50
B	637 025,62	138 160,34	91,28	Qh		0,00	4,35	4,35	40,50
B	637 025,62	138 160,34	91,28	Qp3		4,35	24,00	19,65	40,50

1.3.3 Kutatóárok dokumentáló és értelmező jelentése

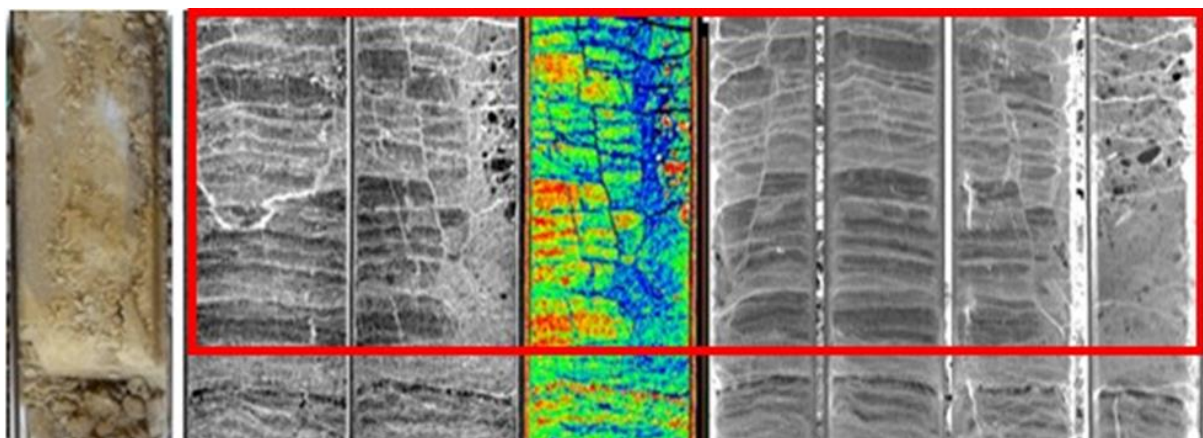
PA-21	EOV Y (m)	EOV X (m)	Z(mBf)	Képződmény	Rétegtani egység	Rétegtető (m)	Rétegtalp (m)	Vastagság (m)	Fúrástalp (m)
B	637 025,62	138 160,34	91,28	M3	Újfalui F.	24,00	40,50	16,50	40,50
C	637 031, 85	138 151,9 1	91,11	Qh		0,00	3,92	3,92	40,57
C	637031,8 5	138 151,9 1	91,11	Qp3		3,92	22,70	18,78	40,57
C	637 031, 85	138 151,9 1	91,11	M3	Újfalui F.	22,70	40,57	17,87	40,57

A rövidítések jelentése: Qh: holocén; Qh1: újholocén; Qh2: óholocén; Qp1: alsó-pleisztocén; Qp2: középső-pleisztocén; Qp3: felső-pleisztocén; eldPl-Qp1: pliocén-alsó-pleisztocén eluviális-deluviális; M3: felső-miocén

A Pa-21 szelvényben mélyült hét fúrás (Pa-21-A, -B, -C, -D1, -E1, -F1, G4; 3. ábra) rétegsora között mind a lyukgeofizika, mind a maganyag vizsgálata olyan különbségeket mutatott ki, amelyek a negyedidőszaki fekü határát is érintő tektonikus eseményre engedtek következtetni (3. táblázat, 8. ábra és 9. ábra). Az A és B jelű fúrás a Tengelici Vörösagyag Formációban állt le, míg a C és D jelűben ugyanabban a mélységben már pannóniai homok jelentkezett (9. ábra). A Pa-21-B fúrásban a Tengelici Formációban 29,8 m mélységben oldaleltolódást dokumentáltak (6. ábra) [5]. Az E1 jelű fúrásban a CT felvétel mutatott elmozdulást 1,7 m mélységben (7. ábra) [5]. Mindezen települési zavarok felderítésére mélyült a Pa-21-I és Pa-21-II kutatóárok.



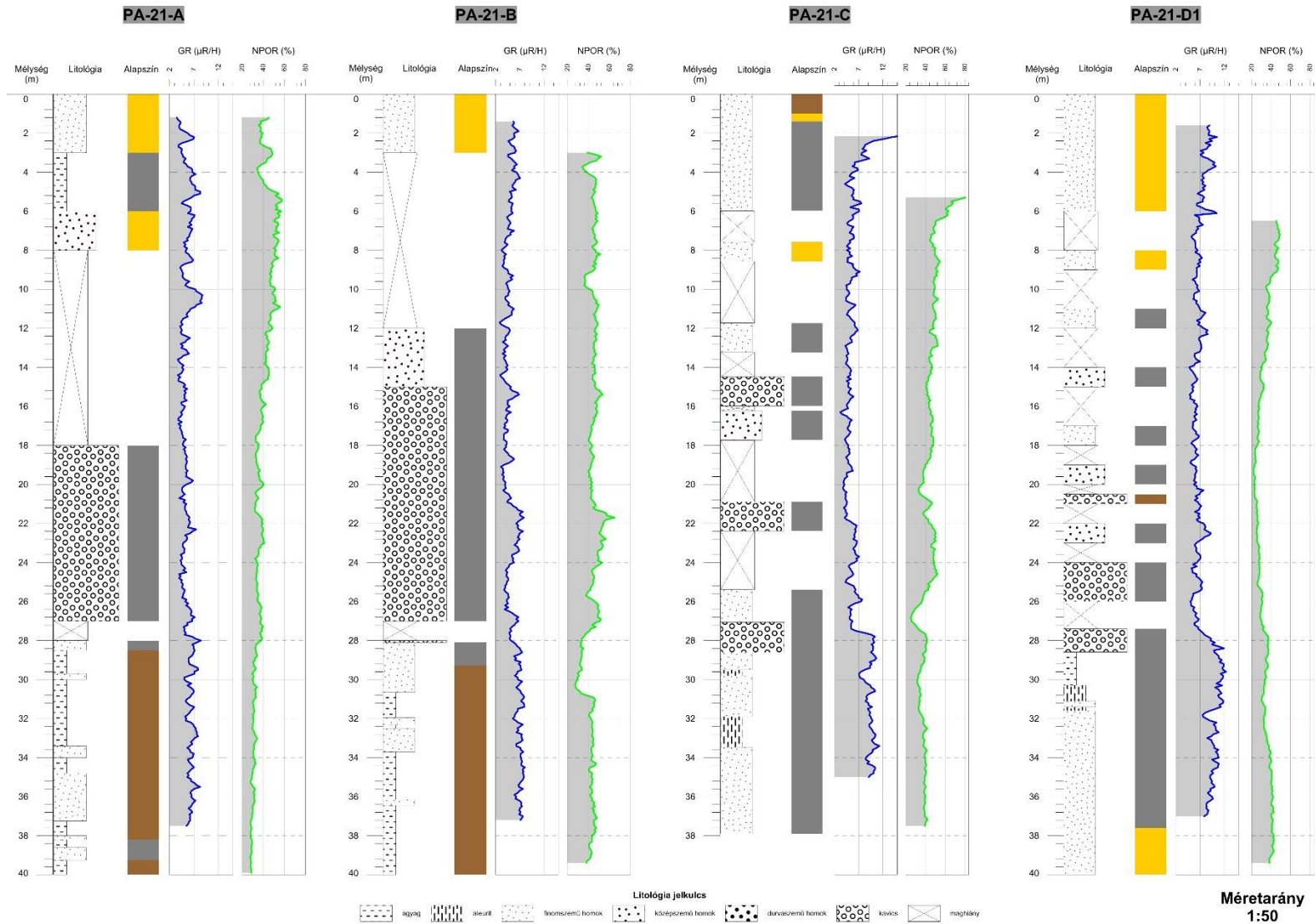
6. ábra. A Pa-21-B fúrásban 29,0–29,9 m között dokumentált, közel függőleges, eltolódási sík a Tengelici Formációban. A karcok dőlésszöge $\sim 5^\circ$ (piros vonalakkal jelölve)



7. ábra. A Pa-21-E jelű fúrás 1,75–2,0 m közötti maganyaga és annak CT felvétele

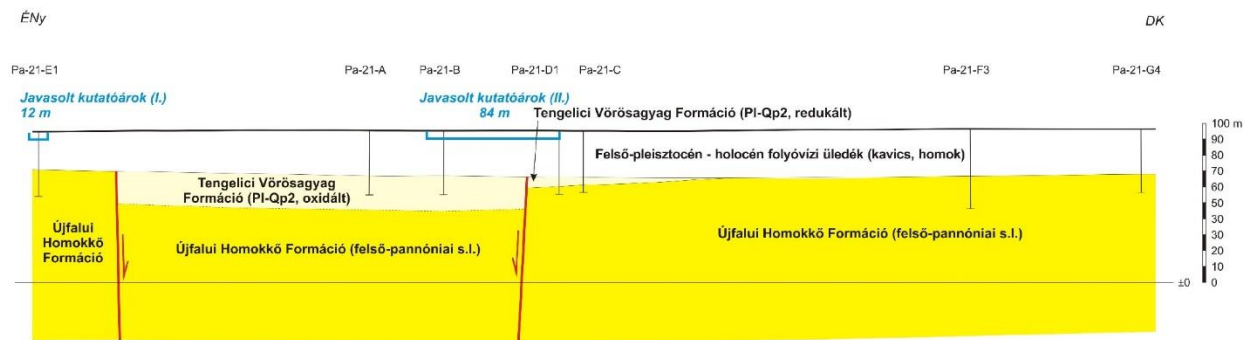
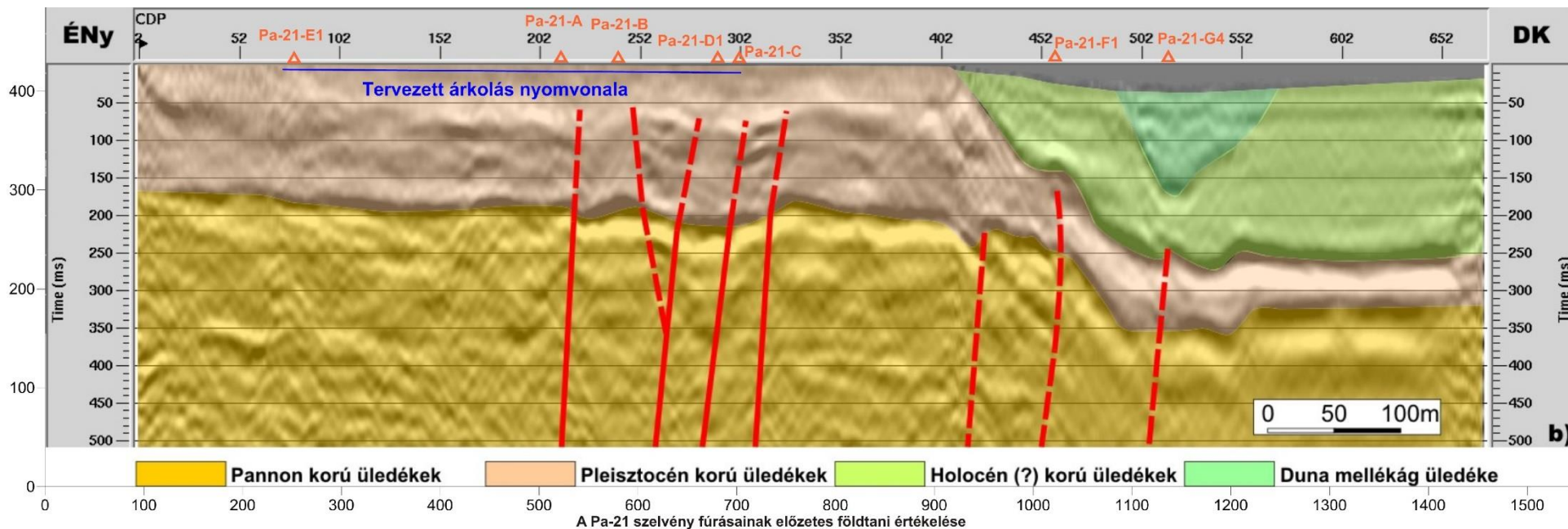
A pirossal keretezett szakaszon látható olyan elmozdulási felület, amely mentén a rétegek nem illeszthetők pontosan. (A Pa-21-I kutatóárokban tett megfigyelések alapján eredete technológiai)

1.3.3 Kutatóárcok dokumentáló és értelmező jelentése



8. ábra. A Pa-21-A, -B, -C és -D jelű fúrászszelvények

1.3.3 Kutatóárcok dokumentáló és értelmező jelentése



9. ábra. A Pa-21 sekélyszeizmikus szelvény értelmezett változata[22] és a Pa-21 fúrásokon keresztül fektetett földtani szelvény [1] a javasolt kutatóárcok-nyomvonal feltüntetésével

1.1.4 A kutatóárkok kivitelezése

A kutatóárkok a Paks 088/1 hrsz.-ú kivett közúton kerültek kialakításra a jóváhagyott kiviteli terv és műveleti utasítás szerint [17]. A kivitelezést a BAU-TEAM Építőipari és Vállalkozási Korlátolt felelősségű társaság (Székhely: 7100 Szekszárd, Kölesey lakótelep 6.) végezte. 2016 július 22 – augusztus 10. között.

A 2 m mély kutatóárkok a tereprendezés során kialakított, az eredeti felszíntől maximum 1 méterrel mélyebb szintről indulva mélyültek.

1.1.4.1 Pa-21-I kutatóárok

Az Pa-21-I kutatóárok a Pa-21-E1 jelű fúrásponton keresztül ÉNy-DK-i csapással, a Pa-21 geofizikai szelvény nyomvonalában haladt. Az árok mélyítésének megkezdése előtt az útfelületről 0,75 m vastag humuszleszedés történt (10. ábra). Az árok a fúrástól mindkét irányban 6–6 m hosszban, 1,5 m szélességben, $3 \times 0,66$ m = összesen 2 m mélységben készült. A felszínközeli, nem kötött homokrétegekben biztonsági okokból – az árok állékonyságának és megfelelő dokumentálhatóságának megőrzése végett – a kutatóárkot 3 mélyítési fogásban alakították ki, 0,66 m-es szeletek egymás utáni mélyítésével. Az első mélyítési fogás finom gépi-, majd kézi földmunkával készült, a 2. és 3. fogás csak kézi földmunkával. Az 1. fogás mélyítése után az árokfal dokumentálása következett, majd ezután fa dúcszerkezettel biztosítás beépítése. A 2. fogásnál végzett műveletek hasonlóak, a 3. fogás 0,66 métere már nem volt biztosított, dokumentálását a betemetés követte.

A földtani-tektonikai dokumentálás a „Dokumentációs és laboratóriumi vizsgálati program” [11] előírásai szerint folyt.

Az árok kialakítása és dokumentálása után, az árok ellenőrzött, mért visszatömedékelése, tömörítése történt, majd befejező műveletként elvégezték a humusz visszaterítését.



10. ábra. A Pa-21-I jelű árok környezete a humusz kitermelése után.

1.1.4.2 Pa-21-II kutatóárok

A Pa-21-II. kutatóárok a Pa-21-B jelű fúrástól ÉNy-ra, 10,76 m-re kezdődött, és 84 m hosszban, 322° – 142° csapással haladt DK-i irányban, a földúton, pontosan a Pa-21-D1 fúrásig

1.3.3 Kutatóárokok dokumentáló és értelmező jelentése

(3. ábra). Az árok kialakításának módja, paraméterei megegyeztek az I. ütemével (11. ábra, 12. ábra és 13. ábra). A mélyítést megelőző humuszleszedés 0,5–1,0 m mélységben történt.



11. ábra. Tereprendezés a Pa-21-II jelű árok nyomvonalán mentén



12. ábra. A szakaszos árokhajtás negyedik üteme, mélységben a harmadik fogás (talp -2 m) kihajtása zajlik, a felső két 66 cm-es mélységszakasz támfallal biztosított



13. ábra. A kutatóárok mélyítésének és dokumentálásának módszerei a PA-21-II árok példáján

A tereprendezés és a humusz eltávolítása után történt meg az első 66 cm mélységű szakasz mélyítése majd dokumentálása (l. balra, hátsó árokszakasz). Ezután került beépítésre a biztosító ácsolat (l. balra, az előtér árokszakaszát). Újabb 66 cm kihajtása után az új szakasz dokumentálása, majd biztosítása következett. Ez után történt meg a legalsó 66 cm-es szakasz mélyítése, majd dokumentálása. A dokumentált jelenségek térbeli helyzetének rögzítése a kezdőponttól való távolság és a felszíntől való mélység, valamint az oldalfal (K-i vagy Ny-i) megadásával történt (l. jobbra).

1.1.5 A kutatóárkok vizsgálatának eredményei

1.1.5.1 Pa-21-I árok

Üledékföldtani jellemzők

A Pa-21 I. ütem árok alsó felén a feltárt összletek jellemzően rétegzettek, a felső szakaszon a bioturbáció miatt az üledékek eredeti szöveti és szerkezeti bélyegei nem látszanak. Az összes feltárt réteg az árok teljes hosszában követhető, folyamatos vagy eróziós határral települnek egymásra. A rétegdőlés vízszintes, egyedül a legalsó összletben látható kiékelődő, rétegdőlés (15. ábra, jobbra).

Az I. ütemben feltárt szelvény hét jól elkülöníthető rétegre osztható fel. Az alsó rétegekben az elsődleges- (párhuzamos-, keresztarétegzés), míg a felszínhez közelebbi rétegekben a másodlagos üledékszerkezeti bélyegek (bioturbáció: ásás- és gyökérminták) voltak a meghatározóak.

Az árok alsó néhány dm-ben közép-durva szemű, közepesen osztályozott homok tárult fel. 0-6m között párhuzamos rétegzés volt a jellemző, amit enyhén dőlő kiékelődő rétegek követnek az árok végéig. A rétegek sík, kissé egyenetlen vagy hullámos felszínűek. Gyakoriak a homokfodrok, amelyek több méter hosszan jól követhetők. Az alsó 30-40cm-es szakaszon belül néhol gradált rétegzés látható, ahol a durvább szemcseméretű kezdő réteg világosabb színű a finomabb szeműnél, tehát egy felfelé sötétedő tónusváltási trend figyelhető meg. A talpig (vagy az alá) hatoló bioturbáció (főleg gyökérminták) hatására a rétegek látszólag megszakadnak az árokfal felületén. Az ilyen esetekben az árok nyomvonalára merőlegesen kissé szélesítettük az árkot, hogy megbizonyosodjunk a bioturbáció hatásáról és kizárjuk az esetleges tektonikus eredetet. 6-12 m között 10-15 fokos enyhe dőlésű rétegzést dokumentáltunk. Az 1-5 cm vastag közép-durvaszemű homokrétegek finomszemű homokrétegekkel váltakoztak. Erre települt éles eróziós határral egy párhuzamosan rétegzett közép szemű homokösszlet. Ezt több gradált homokréteg építi fel, amelyekben a szemcseméretváltozást tónus- és színváltozás is követi. A rétegek megszakadása minden esetben bioturbációs okokra vezethető vissza.

A szelvényen „e”-vel és „d”-vel jelölt rétegek (1. melléklet) kissé rétegzettek, egymáshoz hasonló tulajdonságokat mutatnak. Az eltérő szemcseméret indokolja az elkülönítést, mivel az „e” réteg közép-durvaszemű homok, míg az arra konkordánsan települő „d”-vel jelölt réteg jobban osztályozott és közép-finom szemű homok jellemzi. Utóbbiban gyakoribbak a szelvény teljes hosszában követhető, 1-2 cm vastag, homokfodros rétegek. A relatíve durvább szemű homokfodros rétegeket világosabb szín jellemzi. A részben vagy teljesen talajosodott felső rétegek („a”, „b”) és a homokfodros „d” réteg között egy közép-finomszemű, erősen bioturbált, erősen limonitosodott, alig láthatóan rétegzett homok települ. A réteg jól elkülönül színében és szöveti bélyegeiben a fektől és a fedőtől. A másodlagos üledékbélyegek lesznek a meghatározók ettől a szinttől felfelé.

A felül található humuszréteg (szelvényen „a”) több helyen antropogén hatásra kialakult szerkezeteket mutatott, amelyek a korábbi tereprendevezések és területen áthaladó földutak következményei. Ez alatt jellemzően folyamatos (kisebb részben éles) fekvőhatárral kismértékben talajosodott, bioturbált homok települt („b”). Az eredeti üledékszerkezeti bélyegek a talajosodási folyamatok, valamint a bioturbáció hatása miatt nem megállapíthatók.

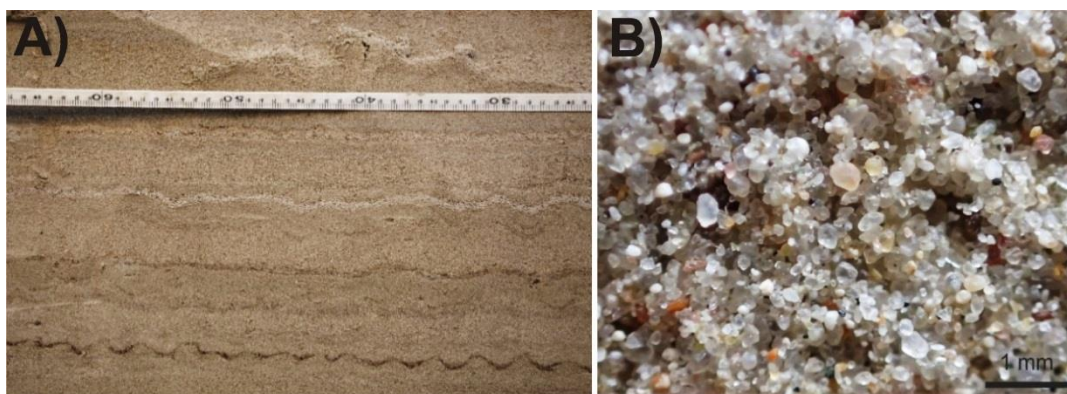
Szerkezeti elemek a Pa-21-I árokban nem voltak észlelhetők.

1.1.5.2 Pa-21-II árok

Kőzettani-üledékföldtani jellemzők

Kőzettani és ásványtani jellemzők

A Pa–21–I. és –II. árokban feltárt kőzetösszlet szemcsemérete kőzetlisztől aprókavicsig terjed, uralkodóan különböző szemcseméretű homok. A szemcseméret rétegről rétegre változik, az egyes rétegek jól osztályozottak (14. ábra A). Gradáció nem jellemző. A durvább szemcséjű rétegek rendszerint világosabb színűek, kevésbé festődnek. A szemcsék jellemzően koptatottak, nem ritkán matt felületűek (14. ábra B). Az ilyen szemcsék aránya a különböző szemcseméretű rétegekben változó: durvaszemű homokban a szemcsék legtöbbje ilyen, aprószeműben valamivel kevesebb, de mennyiségük ott is jelentős. Ősmaradvány nem került elő a feltárásból.



14. ábra A Pa–21–I. és –II. árokban feltárt homok anyaga

A) Jól osztályozott, különböző szemcseméretű homokból álló rétegek; B) Közepesen-jól koptatott homokszemcsék (23,9 m, 2 m mélységben)

Az árok kőzetanyagának jellemzésére egy függőleges szelvényben, 23,9 m-nél különböző – 0,05, 0,4, 0,7, 1,4 és 1,8 m-es – mélységekből reprezentatív mintavétel történt. A teljes üledékminták ásványos összetételének meghatározása binokuláris mikroszkóp alatt zajlott. Két minta (0,7 m és 1,8 m) esetében a 125–250 μm -es frakció ásványos összetételének pontosítása műgyantába ágyazott szemcsepreparátumokon történt polarizációs mikroszkópos vizsgálattal.

A vizsgált minták a szemcsék anyaga, mérete, koptatottsága és osztályozottsága tekintetében is hasonlóságot mutattak. Minden üledékminta laza, a 0,05 m mélységből származó kissé kötött (agyagos kötőanyag). Jól osztályozottak. A legjellemzőbb szemcsefrakció az aprószemcsés homok (125–250 μm), jelentős a finomszemcsés homok (63–125 μm), alárendelt a közép–durvaszemcsés homok (250 μm –2 mm), valamint a pélitfrakció (<63 μm) aránya. Az aprószemcsés homok frakció ásványos összetétele az előzetes binokuláris mikroszkópos felvételezés alapján nem vagy csak kis mértékben tér el a teljes minta átlagos összetételétől, ezért a fent említett két minta esetében e szemcseosztályból szemcsepreparátumok készültek a jellemző ásványtípusok pontosítására.

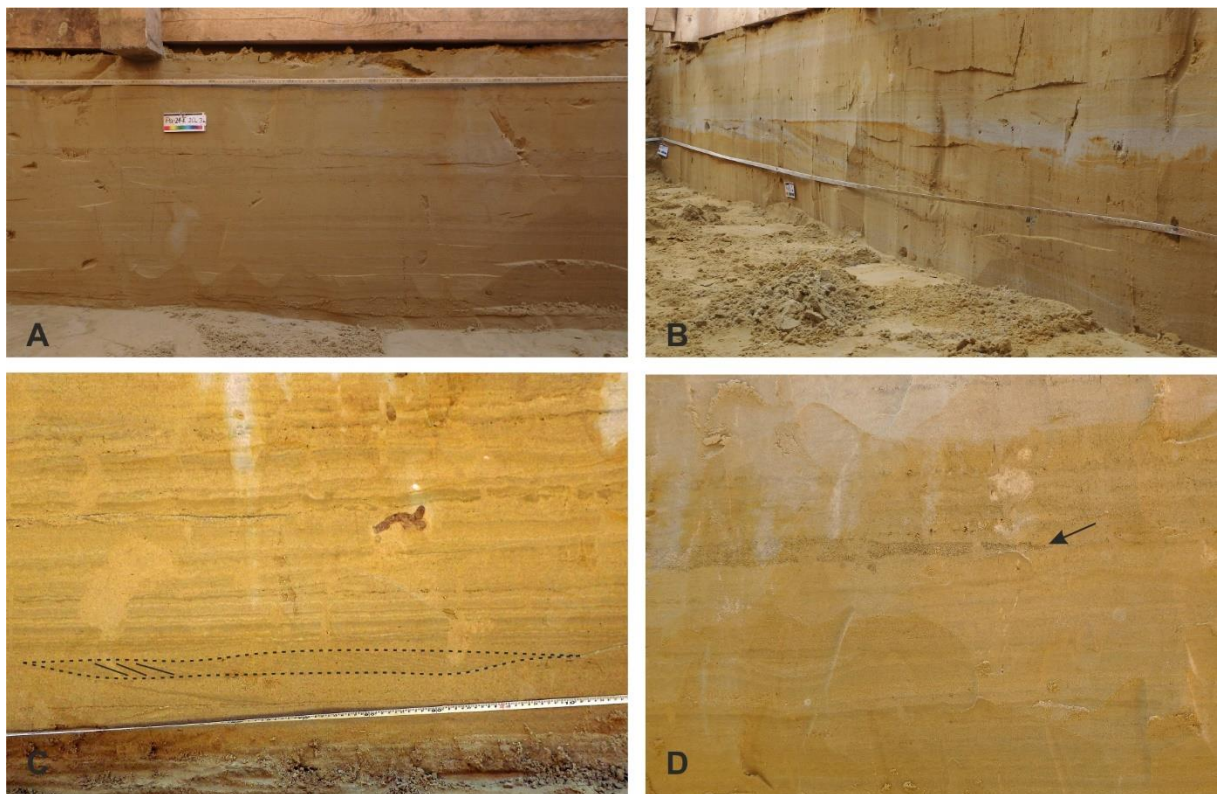
A laza üledékminták uralkodó szemcsetípusa a kvarc (közel 80%; a 0,05 m-ből származó minta esetében >90%), kevés földpát (15–20%), valamint nagyon kevés kőzettöredéket, csillámot és akcesszórikus ásványt tartalmaznak. A szürke kvarc leggyakrabban jól vagy közepesen koptatott, az 1,05 m-ből származó minta esetében jelentős az alig koptatott szemcsék aránya is. Jellemzők a hullámos kioltású, monokristályos kvarcsemcsék, valamint a kevés

alszemcséből álló, hullámos kioltású, polikristályos kvarcsezemcsék; ritkábban fordul elő a sok alszemcséből álló, hullámos kioltású, polikristályos kvarctípus. Gyakoriak a matt felületű szemcsék. Nagyon ritka (1–2 szemcse) a víztiszta, saját alakú kvarctípus.

A rózsaszín vagy fehér, nagyon ritkán világoszöld földpátok közepesen vagy alig koptatott szemcsékként fordulnak elő. Nagyon gyakori a káliföldpát, kevés plagioklász van jelen. Üde és bontott szemcsék egyaránt észlelhetők. Kevés töredékes csillámtípus fordul elő. Jellemző a szintelen muszkovit, a sötétbarna biotit, nagyon ritka összetevő a sötétzöld klorit. Jelentős az opak ásványok aránya (1–2%). Leggyakoribb a fekete ilmenit(?), kevesebb a vörös hematit, a sötétbarna limonit. Nagyon kevés mágneses tulajdonsággal bíró, fekete ásványtöredék (magnetit?) azonosítható.

A leggyakoribb átlátszó akcesszórius ásvány a zárványokban gazdag, világos rózsaszín vagy szintelen gránát, mely szögletes szemcsékként fordul elő. Ritka nehézásványtípusok a szürke, nyúlt prizmás cirkon, a kissé szögletes, világossárga-sötétsárga pleokroizmust mutató turmalin, a kissé szögletes, vörösarna rutil. Nagyon kevés mikrokristályos, fehér kalcit fordul elő. Szintén kevés a kőzettöredék, melyek kis szemcseméretüknél fogva nehezen meghatározhatók.

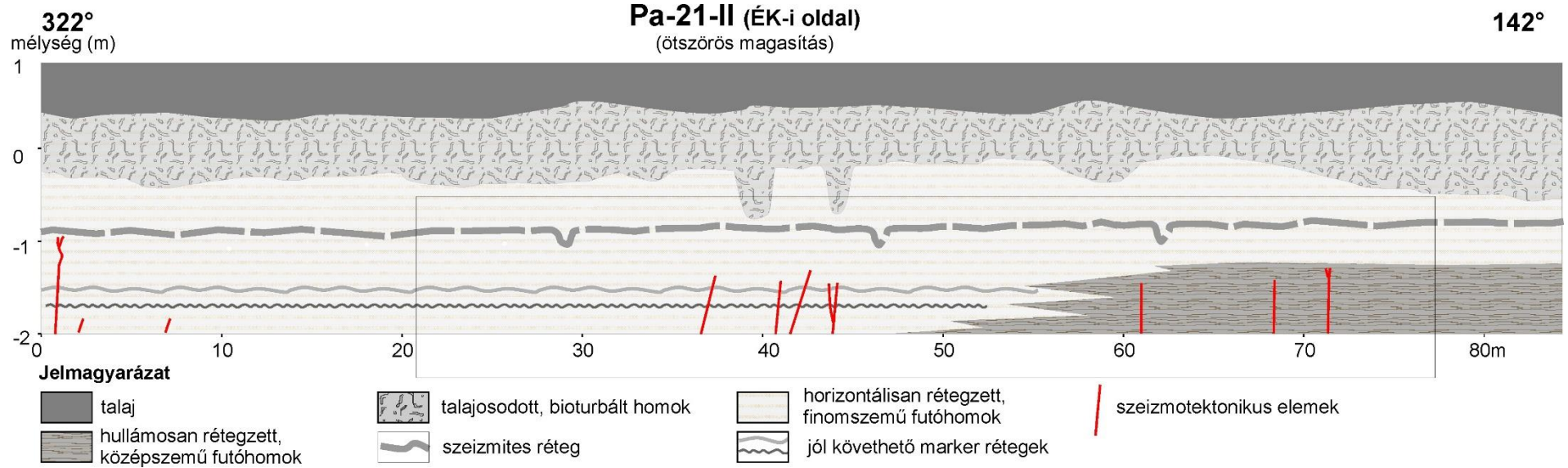
Üledékes bélyegek



15. ábra A Pa–21–I. és –II. árokban megfigyelhető rétegzési típusok

- A) Az árok nagy részére jellemző vízszintes, párhuzamos rétegzés (Pa–21–II árok, 20 m, 2 m talp); B) Keresztrétegzés a Pa–21–I. árokban (Ny-i fal, 2 m talp); ; C) 6-8 cm vastag keresztrétegzett lencse (a mérőszalag fölött; 48-60 m közötti szakasz, 2 m-es talp, K-i fal); D) Kékelődő durvahomoklencse (60-72 m közötti szakasz, 0,3 m mélység, Ny-i fal; a kép szélessége 50 cm)

1.3.3 Kutatóárokok dokumentáló és értelmező jelentése



16. ábra A Pa-21-II jelű árok K-i oldalának ötszörös magasztású földtani szelvénye

A Ny-i oldal ebben a léptékben pontosan megegyezik a K-i oldallal. A rétegsort futóhomok alkotja, felső részén erősen bioturbált, talajjal kevert, felette erdőtalaj települ (21. ábra, A, C kép). A szeizmites réteg a 22. ábra fényképein látható. A jól követhető, homokfodros marker rétegeket a 18. ábra (A) mutatja be. Az árok DK-i harmadában durvábszemű rétegek jelentkeznek, a rétegzés gyakrabban hullámos, lencsésen kiékelődő.

A feltárt összlet túlnyomórészt jól rétegzett. Az árkok legnagyobb részén a rétegzés párhuzamos, az egyes rétegek kitartóak, több 10 méteren keresztül követhetők (16. ábra; 15. ábra A). A rétegdőlés vízszintes, egyes helyeken legfeljebb néhány fok; a rétegek igen kis hajlásszöge és egyenetlen felszíne miatt pontosan nem mérhető. A párhuzamos rétegek közé ritkán vékony keresztarétegzett lencsék vagy kiékelődő rétegek települnek (15. ábra C, D). Nagyobb léptékű keresztarétegzés csak az I. árokban volt megfigyelhető, itt a néhány dm vastagságban feltárt, dőlő homokrétegek eróziós felszínére következik a vízszintes, párhuzamos rétegzésű összlet (15. ábra B).

A rétegek sík, kissé egyenetlen vagy hullámos geometriájúak. Gyakoriak a homokfodrok (17. ábra). Az árok leírása során a dokumentálásra rendelkezésre álló időtartamok nem tették lehetővé a finom üledékszerkezetek vizsgálatát, amelyhez szükséges lett volna a felület megszáradása. Ennek hiányában a fodrok alatti esetleges keresztlemezesség típusa nem volt látható. A hullámos rétegek sokszor egyenletes vastagságúak, de egyes esetekben megfigyelhető, hogy a következő, durvább szemcseméretű réteg elsősorban a homokfodrok közti mélyedéseket tölti ki, a kiemelkedő részekre jóval vékonyabban települ (14. ábra A, kép alja). Az ároktalpakon vízszintes metszetben megfigyelhető homokfodrok mért csapásirányai $65\text{--}245^\circ$ és $110\text{--}190^\circ$ között változnak (17. ábra).



17. ábra: Homokfodrok az ároktalpon, vízszintes metszetben (23 m, 2 m-es talp, Ny-i fal előtt)

A fodrok csapásiránya itt $110\text{--}290^\circ$.

A másodlagos üledékszerkezetek közül gyakori a bioturbáció (18. ábra). Mivel elsősorban az összlet felső részén fordulnak elő ezek a szerkezetek és gyakoriságuk lefelé meredeken csökken, legalább egy részük kialakulása az üledékképződés lezárulta utánra tehető.

Az állati tevékenységgel magyarázható bioturbáció többféle megjelenésű. Különösen a mai talaj alatt feltűnő, ahol az eltérő színű kőzetanyagok kontrasztja kiemeli (18. ábra A). A leggyakoribbak az 1–2 cm átmérőjű, legfeljebb néhány dm hosszú ásásnyomok, valamint az ilyen nyomok tömegéből álló, tölcsér alakú szerkezetek (18. ábra A, B; 24. ábra). Több helyen megjelennek akár 10 cm átmérőjű, éles határú, szabálytalan alakú, jellemzően durvaszemű homokkal kitöltött foltok, ezek valószínűleg kistestű emlősök járatai, illetve lakóüregei lehetnek (18. ábra A, E). Ritkán, különböző színű kőzetanyagok határán megfigyelhetők olyan járatok is, amelyek óraüveg alakú kitöltéssel rendelkeznek (18. ábra C, D).

Az élővilág hatásának szintén gyakori formáját jelentik a gyökérnyomok (18. ábra B). Legtöbbször függőlegesek, akár a 2 m mélyen kialakított ároktalpig lenyúlhatnak. Általában néhány cm széles, redukált – világosszürke vagy fehéres – színű elszíneződésként jelentkeznek. Nem ritkán a közepükön 0,5-1 cm vastagságban porózus, változó keménységű mészkiválás figyelhető meg.

A bioturbáció egy megjelenési formája antropogén hatáshoz köthető. Az árok 39 és 44 méterénél az 0,66 m-es talpú fogásban mélyre lenyúló, 1-1,5 m széles, sötétbarna, talajos foltok voltak láthatóak. Belső szerkezetük és a környező világos, nem talajosodott homokkal való érintkezésük is ásásnyomok sűrű halmazából állt (12. ábra F, G), a határon a kétféle anyag keveredését eredményezve. A lefelé következő fogásban az északabbi, 39 méternél lévő folt alatt, kb. 0,9 m mélyen emberi csontok kerültek elő (18. ábra H). A kiérkező bonyhádi régészek szerint a csontok gyermekhez tartoztak, egy bolygatott sírban helyezkedtek el (Szabó Tibor, Paks Városi Múzeum ex verb.). Az erős bioturbáció így itt valószínűleg részben a maradványok eltemetéséhez, részben a test lebontását végző állatok ásó tevékenységéhez köthető.

1.3.3 Kutatóárokok dokumentáló és értelmező jelentése



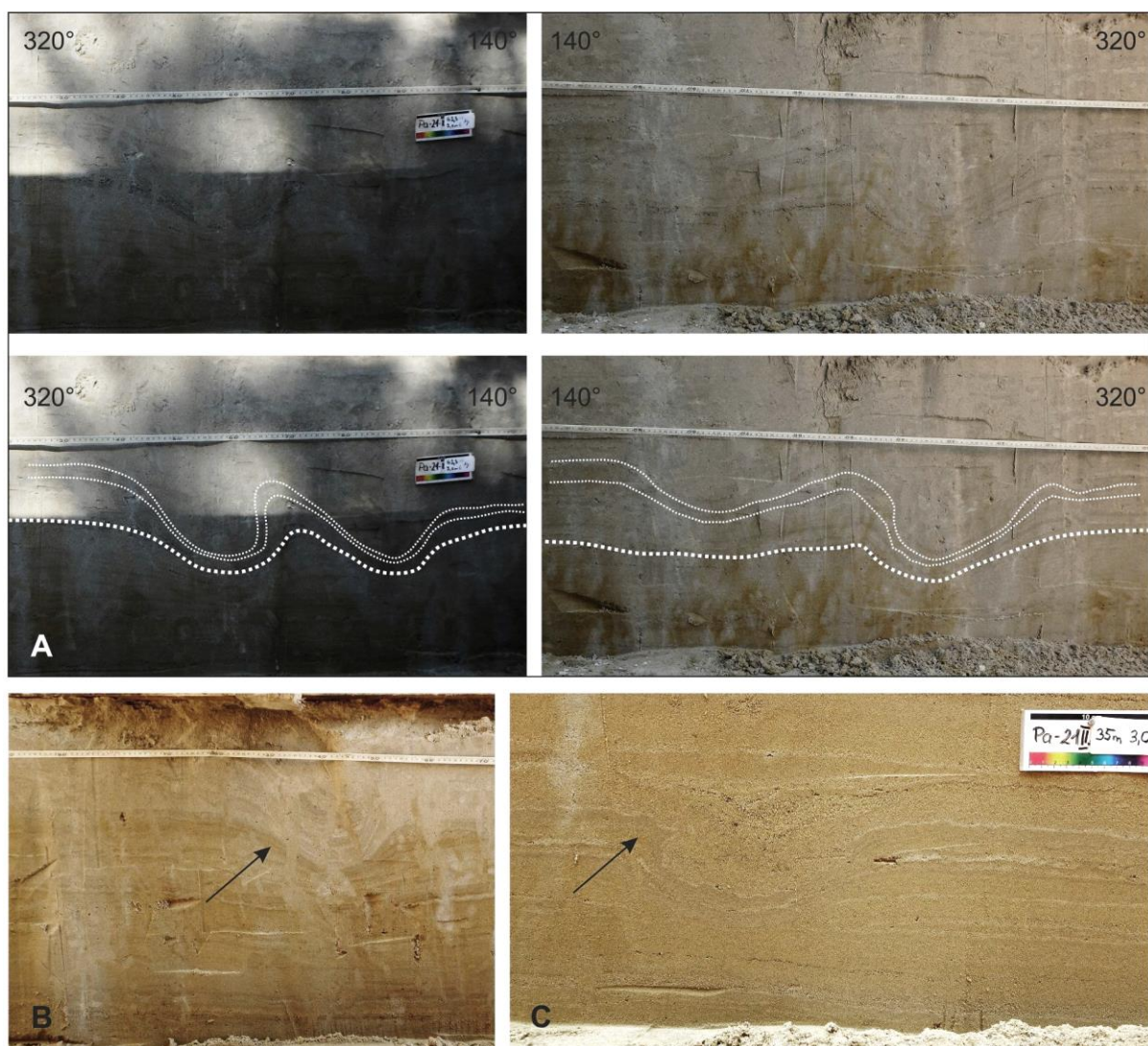
18. ábra

18. ábra Bioturbációs üledékszerkezetek a kutatóárokban

A) 1–2 cm átmérőjű járatok tömege, néhány nagyobb méretű üreggel (krotovinával) (70 m, 1,66 m talp, K-i fal); B) függőleges gyökérnyom karbonát kiválással (X-szel jelölve) és 1–2 cm-es járatokból álló, V alakú bioturbációk (V) (24–36 m közt, 0,33 m talp, K-i fal); C) 1–1,5 cm széles, meniszkuszos kitöltésű járatok fölülnézetben (79 m, 0,66 m-es talp; a kép szélessége 15 cm); D) 10 cm széles, elágazó életnyomok (82–83 m közt, 0,66 m-es talp; a kép szélessége 1,1 m); E) nagy–durvaszemű homokkal kitöltött életnyomok (I. árok, 1,33 m-es talp, Ny-i fal); F) Talajos homokfoltok az árok 39 és 44 méterénél (talp 0,66 m, K-i fal); G) Bioturbáció a talajos homok belsejében és határán (39 m, 0,66 m talp). H) Emberi csontok a talajos, bioturbált homokfolt alatt (39,4 m, 0,9 m mélység).

1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése

Előfordult a fentiekén túl néhány olyan üledékszerkezet, amelyek genetikája kérdéses. A leglátványosabb az árok 62,3 m-énél, 1 m mélységben mindkét falban szimmetrikusan előforduló redők sorozata volt (19. ábra A). A redők közül a legnagyobb átbuktatott; környezetében kisebb, aszimmetrikus redők jelennek meg. Az átbuktatott homokrétegek nyilvánvalóan nem rakódhattak le ebben a formában, és szinszediment folyamattal (pl. gravitációs megcsúszással) sem tudjuk magyarázni őket, hiszen a gyakorlatilag vízszintes, lerakódásakor nem víztelített összletben slump nem tud kialakulni. Ugyanebben a rétegcsoportban több helyen láthatóak további redők, közülük a 46,5 m-nél lévő az előzőekének megfelelő méretű (19. ábra B). Geometriája is hasonló, D-i oldala a meredekebb. Úgy tűnik, hogy ez a 1 m körüli mélységben húzódó, 20–30 cm vastag réteggöteg egy olyan szintet képvisel, amelyet pillanatszerű deformáció érintett, és a deformáció kiváltó okaként a szeizmikus hatás tűnik legvalószínűbbnek.



19. ábra. Szeizmikus hatásra utaló üledékszerkezetek

- A) Átbuktatott és kisebb aszimmetrikus redők a kutatóárkokban. Csapás 235° – 55° , helyzet 62,3 m, 1 m mélység, K-i és Ny-i fal. B) Meredek szárnyú redő ugyanebben a szintben (46,5 m, 1,95 m mélység, K-i fal);
C) Kis laterális kiterjedésű deformáció a K-i falban (35 m, 1,9 m mélység)

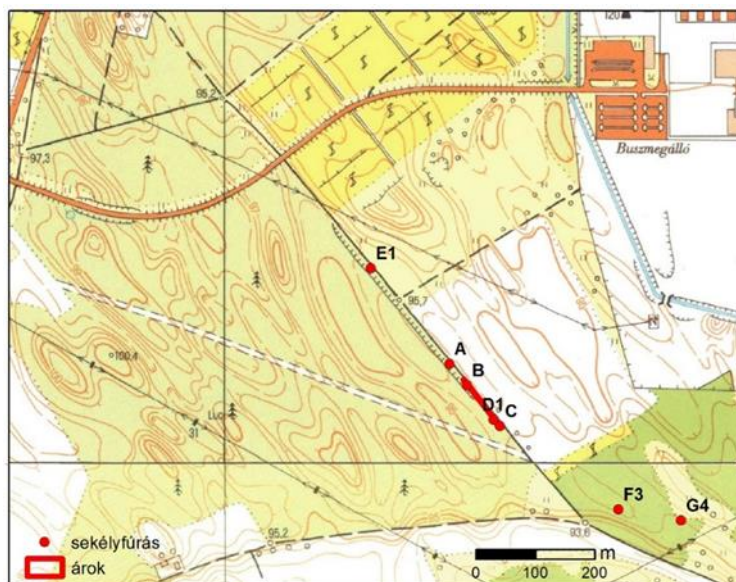
Az árokban máshol megjelenő, nem szinthez kötött, lokális rétegdeformációk magyarázhatók más folyamattal is. Ezek egy képviselője látható a 19. ábra C képen. A rétegek

itt is áthajlóak az egyik oldalon, de a szerkezet minden irányban kis kiterjedésű, a falban befelé gyorsan eltűnt, 10 cm-rel hátrébb már nem volt látható. Akár egy nagyobb állat lépésnyomaként is értelmezhető, amit kialakulása után a benne csapdázódó durva homok töltött ki.

Képződési környezet

A jól koptatott, sokszor matt felszínű homokszemcsék, a változatos szemcseméretű, de jól osztályozott rétegek, valamint az eróziós felszínek és a gradáció hiánya vagy igen ritka előfordulása alapján a feltárt összlet eolikus genetikájúnak, futóhomoknak minősíthető.

Az árokban megfigyelhető kitarító és párhuzamos rétegződés az árok helyzetével magyarázható. A feltárás a felszínt alkotó, jórészt hosszanti típusú futóhomokbuckák tengelyével közel párhuzamos, egy bucka elülső részén helyezkedik el (20. ábra). Emiatt az árokban a homokdűne hosszmetzetét látjuk, a rétegek az egykori, közel vízszintes tetőfelszíneket képviselik. Az árok körüli buckák által mutatott szélirány illeszkedik a tágabb (60x60 km-es) kutatási terület eolikus felszínformái – hosszanti dűnéi, parabolabuckái, deflációs eredetű völgyei – alapján nyomozható, valamint a tágabb környezetre megállapított [18] késő-pleisztocén-óholocén szélrendszerbe.



20. ábra Eolikus formák az árokban és környékén.

Az árok környezete topográfiai térképen. Jól látszik, hogy az árok közel párhuzamos a terepet alkotó futóhomokbuckák tengelyével



Az árokkal feltárt futóhomokösszlet a fúrásdokumentációk [3][4] szerint az árok déli végétől néhány méterre, annak folytatásában mélyült Pa-21-C sekélyfúrásban 8,57 m mélységig, míg az ároktól északra, a Pa-21-I árok helyszínén mélyült a Pa-21-E1 fúrásban 2,95 m mélységig terjed. Alatta az E1 fúrásban 3,55 m-ig óholocén folyóvízi homok után, a C fúrásban a futóhomok alatt közvetlenül a Duna kavicsos-homokos üledéke található.

Kor

Az árokkal feltárt üledék korának meghatározásához OSL- vizsgálatra két mintát vettünk a Pa-21-II árok 11,7 méterénél 2,06 és 2,55 m mélységből. A Pa-21-C fúrás 2,3 és 4,5 méteréből gyűjtött Mollusca héjtöredékekből radiometrikus (^{14}C) kormeghatározást végtettünk.

A kutatóárok 1,06 m mélységéből származó minta OSL kora $19,3 \pm 1,5$ ka, a 1,55 m mélységből származóé $20,7 \pm 1,9$ ka. Ez összhangban van azzal, hogy a futóhomok alatt települő dunai üledékek kora – a III-6-D telephelyi fúrás 18,7-19,2 m mélységből vett mintájának lumineszcens vizsgálata alapján – $30,4 \pm 2,5$ ka.

21. ábra. Az OSL kormeghatározásra vett minták helyzete a kutatóárkokban

(Az eróziós felszín felett antropogén áthalmozás.)

1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése



22. ábra. A ^{14}C kormeghatározásra vett minták helye a Pa-21-C jelű fúrásban (felső kép, sárga korong)

A fúrás 1,0–8,57 m között egyveretű, szürke, jellemzően finomszemű, eolikus homokot tárt fel, amelynek felső része megegyezik az árokban feltárt rétegsorral. A bal alsó és középső kép a 2,3 m mélységből származó minta anyagát, az alsó jobb oldali kép a 4,4 méterből származóét mutatja be (a háttér hálója mm-es beosztású). A középső képen egy gastropoda héjtöredék is látható.

A Pa-21-C fúrás 4,5 méteréből szeparált gastropoda törmelék kalibrált naptári ^{14}C kora 28 890–28 040 év, a 2,3 m mélységből származó mintáé 36 630–35 030 év. Az izotóplabor jegyzőkönyve [13] szerint a minták tömege kevés volt és nagyon apró szemcsékből állt, ami az

eredmény bizonytalanságát okozhatja. Ezeknek az adatoknak a megbízhatóságát, felhasználhatóságát tekintve óvatosságra int, hogy az alsó réteg kora több ezer évvel fiatalabbnak adódott a felsőénél.

Mindent összevetve, az OSL korokat, azaz a mintegy 20 ezer év körüli időszakot fogadhatjuk el az árokkal feltárt üledék korának.

Fejlődéstörténet

Az árookban feltárt futóhomok lerakódása az után kezdődhetett meg, hogy a Duna ezen a helyen elhagyta allúviumát. A fúrásokban leírt képződményhatárok alapján az árok alatti Duna-üledék felszíne a Duna mai vízszintjéhez közeli tengerszint fölötti magasságban található (sőt a C fúrásban több mint 2 méterrel alatta), így ez az esemény nem a terület tektonikus emelkedésével, inkább a meder kelet felé tolódásával magyarázható. Mivel a terasz felszíne viszonylag sík és kis területű, hamar lefedődhetett, így az akár 8 m vastag futóhomokot minden valószínűség szerint a Mezőföldön ÉNy felől eolikus szállítódó homokból származtathatjuk, nem a Duna árteréről.

A homokmozgás időszaka a fenti koradatok alapján a pleisztocén legvége. Ez az időszak a Kárpát-medencében ismert az erős eolikus tevékenységről [21]. Ekkor a területen félig kötött futóhomokformák, elsősorban hosszanti dűnék, kisebb részben parabolabuckák vagy szabálytalan formák alakultak ki. A futóhomokmozgás időszaka után az éghajlat csapadékosabbá, az élővilág számára kedvezőbbé vált. A növényzet záródott a homokterületen, megkezdődött a talajképződés. A homokösszlet felső része talajosodott, az állatok és a növényi gyökerek tevékenységének hatására másodlagos üledékszerkezetek alakultak ki benne, fölfelé egyre nagyobb mértékben átkeveredett. Ez a folyamat az újholocénben emberi közreműködéssel folytatódott.

Szeizmotektonikus jelenségek

A Pa–21–I jelű árookban szerkezetföldtani jelenség nem volt észlelhető. A Pa–21–E jelű fúrás maganyagának CT vizsgálata során 1,75 méterben mutatkozó zavart település (7. ábra) az árookban nem jelentkezett, ezért azt technológiai eredetűnek minősítettük.

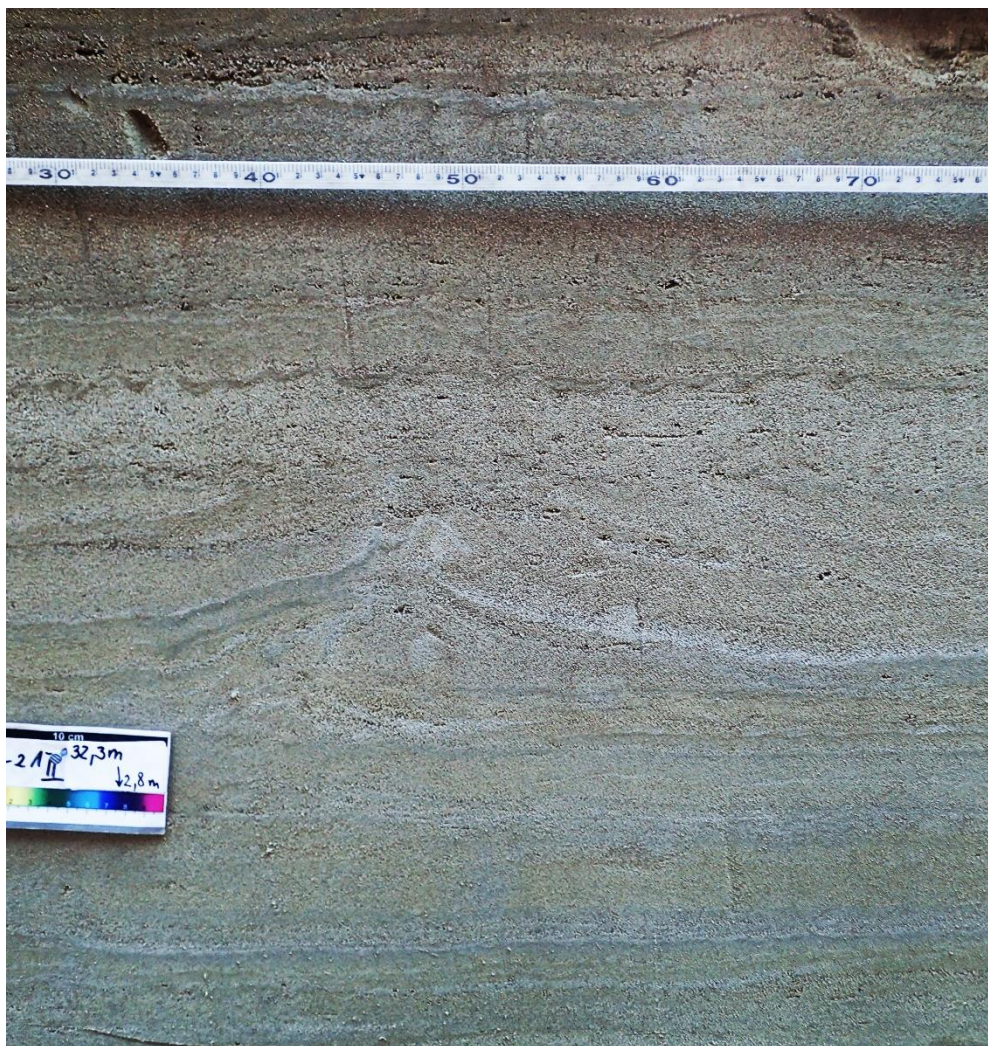
A Pa–21–II jelű kutatóárkokban megfigyelt, szeizmotektonikus eredetűnek minősített jelenségek **első közelítésben** három csoportra oszthatók:

- a) földrengések hatására létrejött rétegdeformációkra (szeizmiték),
- b) benyomulások homoktelérekre és
- c) törésekre.

A szeizmitnek mutatózó üledékszerkezetek egyértelmű meghatározását megnehezítik a bioturbáció (ásásnyomok és gyökérnyomok) hatásai. A kutatóárkok 0–55 m közötti szakaszán, ~0,9 m mélységben követhető réteg (24. ábra) a bioturbáció mellett olyan deformációt mutat, amely szeizmikus hatásra alakulhatott ki. Fontos megjegyezni, hogy a homoktelérek, illetve a törési felületek fölfelé legfeljebb eddig a zavart réteggig követhetők, így feltételezhető (legalább részben) az egyidejű kialakulásuk.

Ugyancsak szeizmikus hatás eredményének tekinthető a 32,3 (23. ábra) és 62,3 méternél dokumentált jelenség (19. ábra).

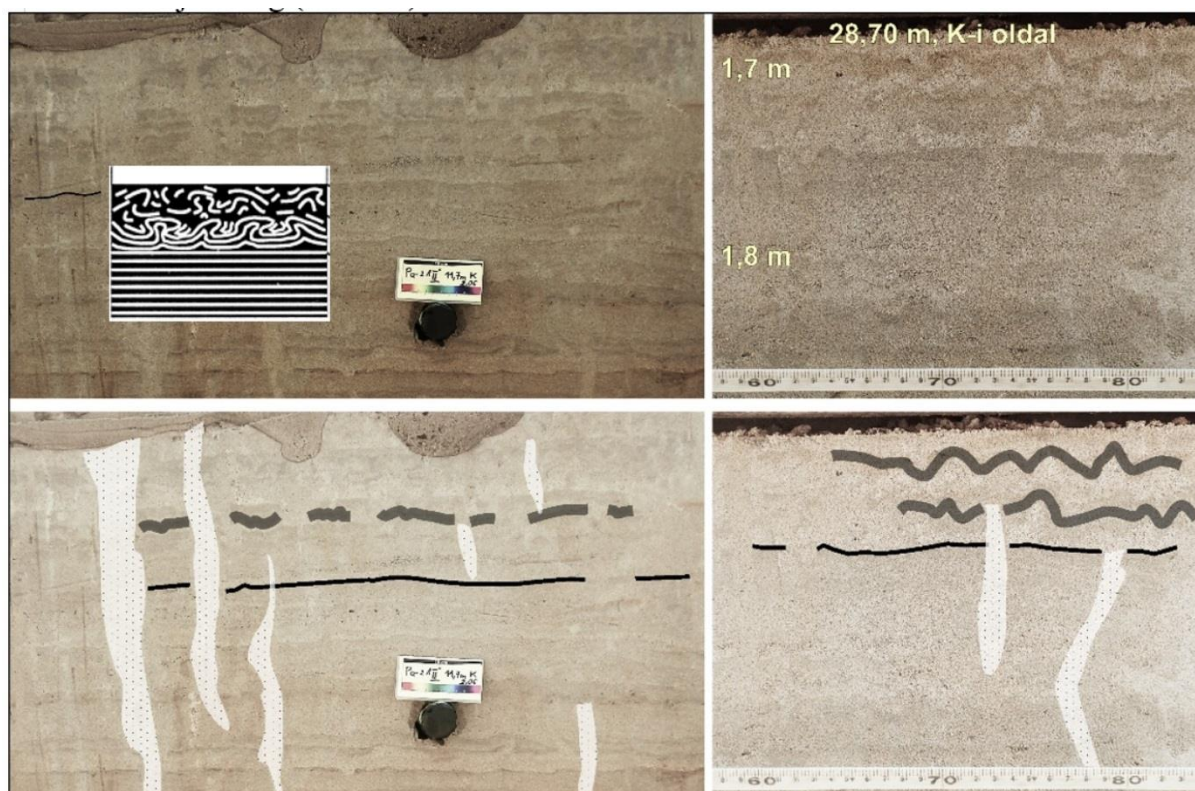
1.3.3 Kutatóárok dokumentálása és értelmezése



23. ábra. 32,3 méternél, -1,8 m szinten dokumentált üledékszerkezet

Zavartalan rétegek közötti, minden bizonnyal földrengéses eredetű szinszediment deformáció

1.3.3 Kutatóárokok dokumentáló és értelmező jelentése



24. ábra. A kutatóárokban 0 – 55 m között követhető, 0,9 – 0,75 m talpmélységű réteg fényképe 11,7 és 28,7 méterből (fent), a zavart és a bioturbált rétegek kiemelésével (lent)

Hasonló szerkezetet laminált üledékek több fázisú szeizmikus deformációjáról ismertetett [12] (l. bak felső betét ábra)

A megfigyelések fontosságára való tekintettel az egyes szeizmotektonikus elemeket tételesen ismertetjük. Minden elem esetében meghatároztunk egy észlelési pontot, megnevezésükre az árok kezdőpontjától mért távolságukat használjuk. (Emellett természetesen az észlelési pontok EOV koordinátáit is megadjuk). A szeizmotektonikus elemek összefoglaló észlelési adatait a 4. táblázat tartalmazza.

1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése

4. táblázat. A Pa-21-II árok szeizmotektonikus elemeinek összefoglaló adatai

távolság a 0 ponttól	x	y	z	észlelési oldalfal	észlelési mélység -tól	észlelési mélység -ig	dőlés- szög	azimut	jellemzés
0	634401,5	136142,8	92,5	talp	90	89,5	85	235	Kiékelődő, íves (ua. mint 6,4)
0,3	634401,4	136142,3	92,5	Ny	90,1	89,5	85	340	Kiékelődő, szimmetrikus deformáció
0,5	634401,5	136142,1	92,5	Ny	90,8	89,3	85	315	Fölfelé felnyíló, deformált rétegek
2	634402,5	136140,9	92,5	Ny	90,2	89,5	84	300	Kiékelődő, szimmetrikus deformáció
5,7	634404,7	136138,0	92,5	Ny	90	89,5	82	335	Kiékelődő, szimmetrikus deformáció
6,4	634405,1	136137,5	92,5	Ny	89,7	89,5	88	280	Zegzugos lefutású, ua. mint 0
37	634425,2	136113,9	92,5	K	90,2	89,5	75	255	Kiékelődő, balos en echelon jellegű átlépő szerkezettel
40,7	634427,5	136111,0	92,5	K	90,2	89,5	87	300	Elágazó, feltolódás jellegű 10 mm-es elmozdulás
41,2	634427,8	136110,6	92,7	K	89,7	89,7	88	315	Lefelé és fölfelé kiékelődő, deformált rétegek
43,7	634428,3	136107,7	92,5	Ny	90,2	89,5	85	315	Elágazó, normál vetős szerkezetekkel
60,8	634438,9	136094,1	92,5	K	90,2	89,5	82	315	Zegzugos lefutású, nem kíséri rétegdeformáció
68,3	634443,6	136088,2	92,5	K	90,2	89,5	85	300	Szimmetrikus rétegdeformáció
71,9	634446,5	136085,9	92,5	talp	89,4	89,2	88	95	Fölfel-lefelé kiékelődő, szimmetrikus deformáció
73,2	634446,6	136084,3	92,5	Ny	90,4	89,2	86	95	Keskeny és szimmetrikus rétegdeformáció kíséri

Az egyes elemek részletes jellemzése

0 és 6,4 jelű szerkezet

A 0 pontban (a kutatóárkok kezdőpontjának talpán) és a 6,4 méternél a DNy-i falban dokumentált és nevesített szerkezetekről később kiderült, hogy egyazon síkhoz tartoznak, kapcsolatuk az árokkal megtisztítása után tisztázódott. A két észlelés eredeti elnevezését ezek után is megtartottuk, annak érdekében, hogy az alapidokumentáción ne kelljen változtatni.

Az árok legalsó mélységfogásában, -2 m-es talpon volt észlelhető (1. melléklet). Dőlése meredek, dőlésiránya 235-ről 280-ra változott, így 6,4 méternél a DNy-i falat metszi (2. melléklet, 25. ábra). Fölfelé kiszélesedik, pontos elvégződése nem látható. Lefelé csaknem kiékelődik, de az árok talpán összeköthető a 0 méternél észlelt szerkezettel. 6,4 méternél a hasadék közelében a rétegek redőződtek (26. ábra).

0,3 jelű szerkezet

A szerkezet a DNy-i oldalfal alsó fogásában látható (27. ábra). Gyenge rétegdeformáció kíséri, a hasadék szélessége változó. Az ároktalp felett 60 cm-rel már zavartalan rétegek fedik. Az ároktalpon kiékelődik.

0,5 jelű szerkezet

Az árok két alsó mélységszakaszán dokumentált jelenség mindkét falban és az ároktalpon is megfigyelhető. A DNy-i oldalon elágazó, normálvető jellegű szerkezet kíséri (27. ábra). Meredek lefutású, lefelé kiékelődő, szimmetrikus rétegdeformáció kíséri. Kiterített ábrázolását a 28. ábra mutatja be. Az ÉK-i oldalfalban a hasadék közelében a rétegek meggyűrődtek (29. ábra).

A hasadék fölfelé a 0,9 m mélységből említett szeizmit jellegű réteggig (24. ábra) követhető, amely alatt kiszélesedik, határa elmosódottá válik.

2,0 jelű szerkezet

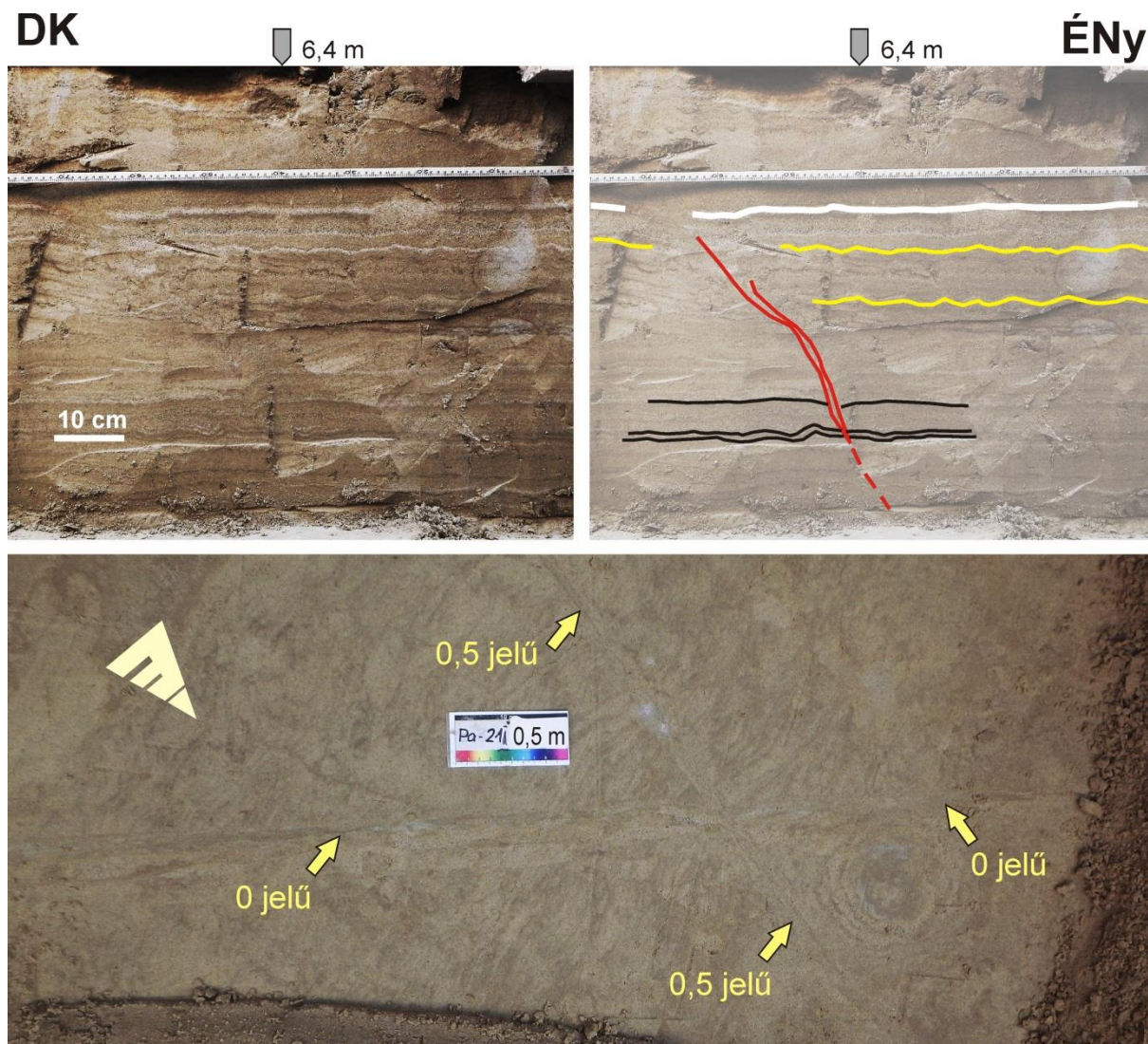
1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése

Az ároktalpon észlelt meredek, keskeny hasadék fölfelé 30-40 cm után szétnyílik és elmosódó határral eltűnik, efölött már zavartalan rétegek települnek. Az ároktalpon követhető, de az ÉK-i falban már bizonytalan a megjelenése, kiékelődik. Szimmetrikus rétegdeformáció kíséri, a hasadék közelében a rétegek megemelkednek, a hasadék mentén pedig megsüllyednek (30. ábra).

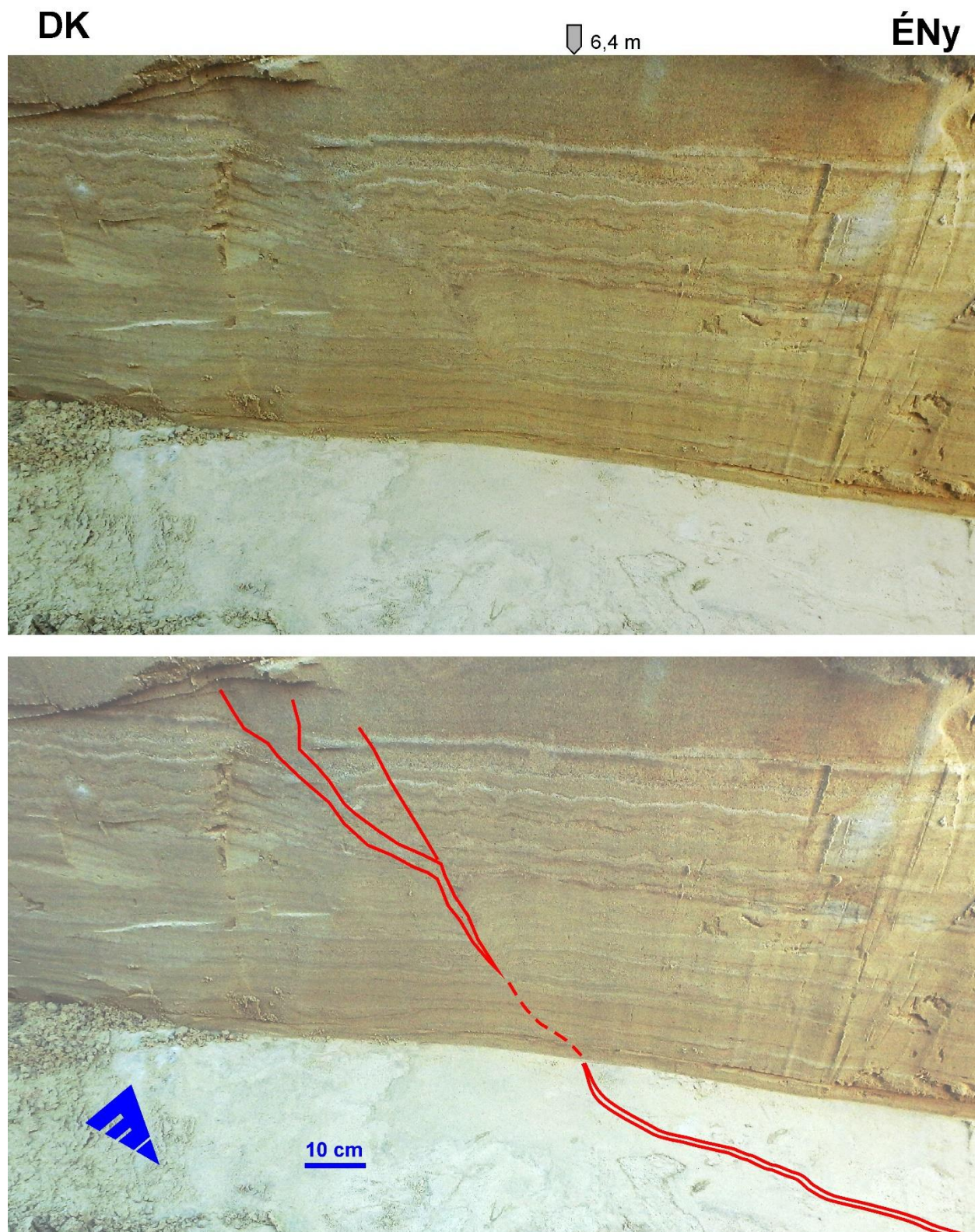
5,7 jelű szerkezet

Csak a DNy-i falban és a közelében az ároktalpon észlelhető. Mind oldalirányban, mind fölfelé kiékelődik. Szimmetrikus rétegdeformáció kíséri (31. ábra). 60 cm-rel az ároktalpon felett már zavartalan rétegek települnek.

6,4 jelű szerkezet (leírását l. 0 és 6,4 jelű szerkezetnél)

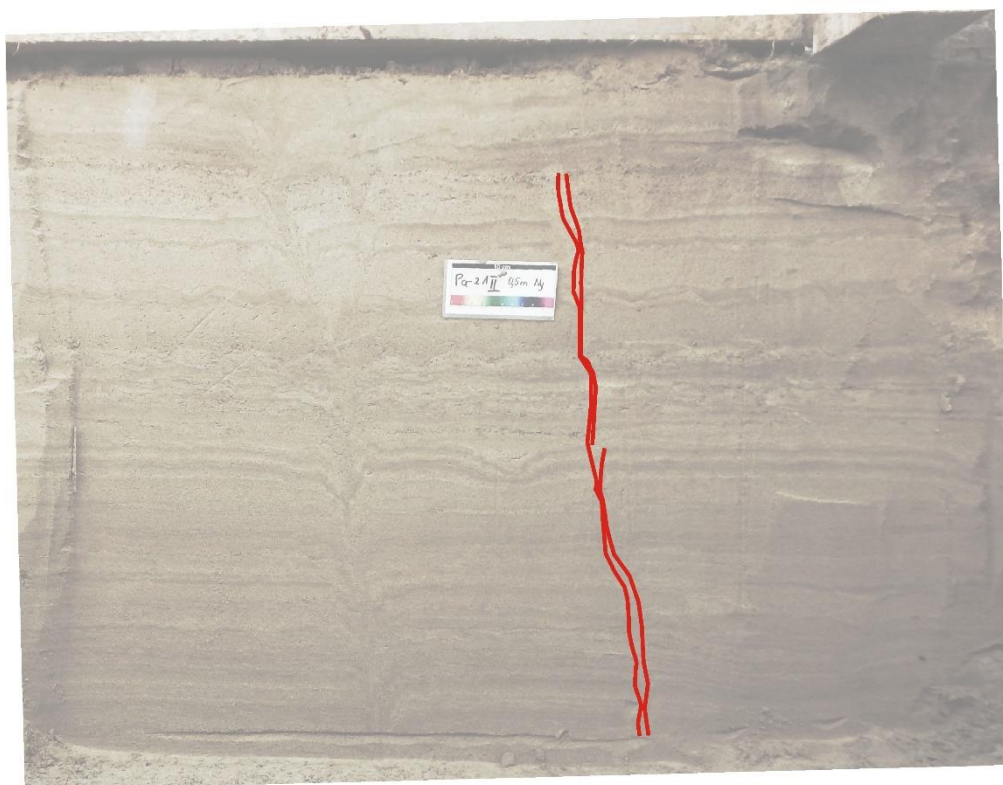
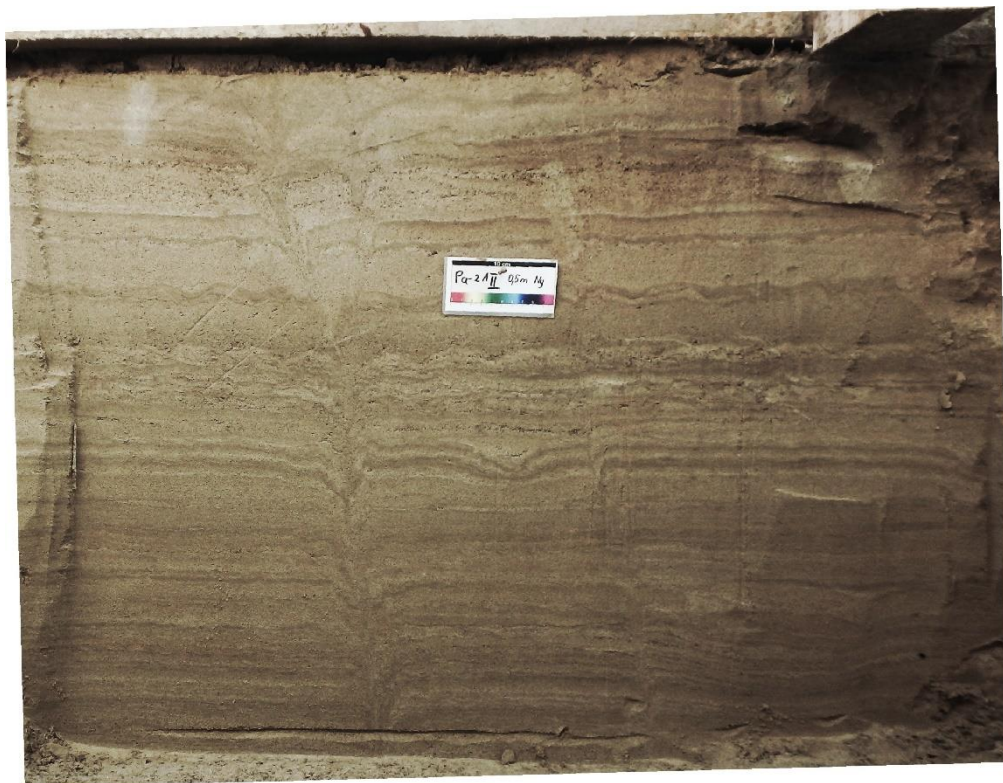


25. ábra. A 0 és 6,4 jelű szerkezet az árok DNy-i oldalában és talpán.



26. ábra. A 6,4 méternél dokumentált szerkezet

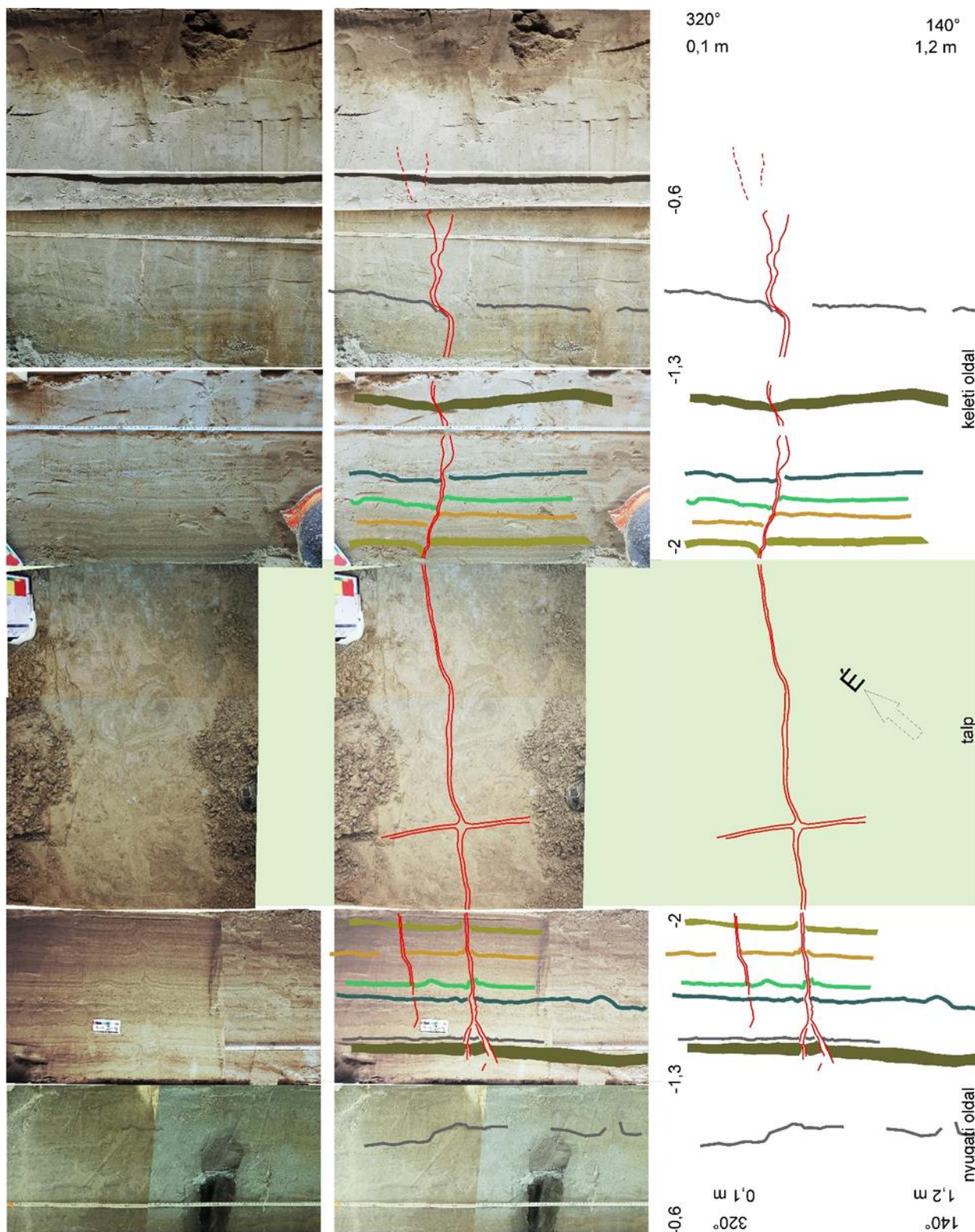
1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése



27. ábra. A markerponttól balra látszik a 0,5 jelű szerkezet, jobbra pirossal jelölve a 0,3 jelű.

0,5 méternél, a Ny-i oldalfalban észlelt hasadék peremén a rétegek mindkét oldalon, szimmetrikusan lefelé hajlanak. Felső részén normálvető mentén elágaznak.

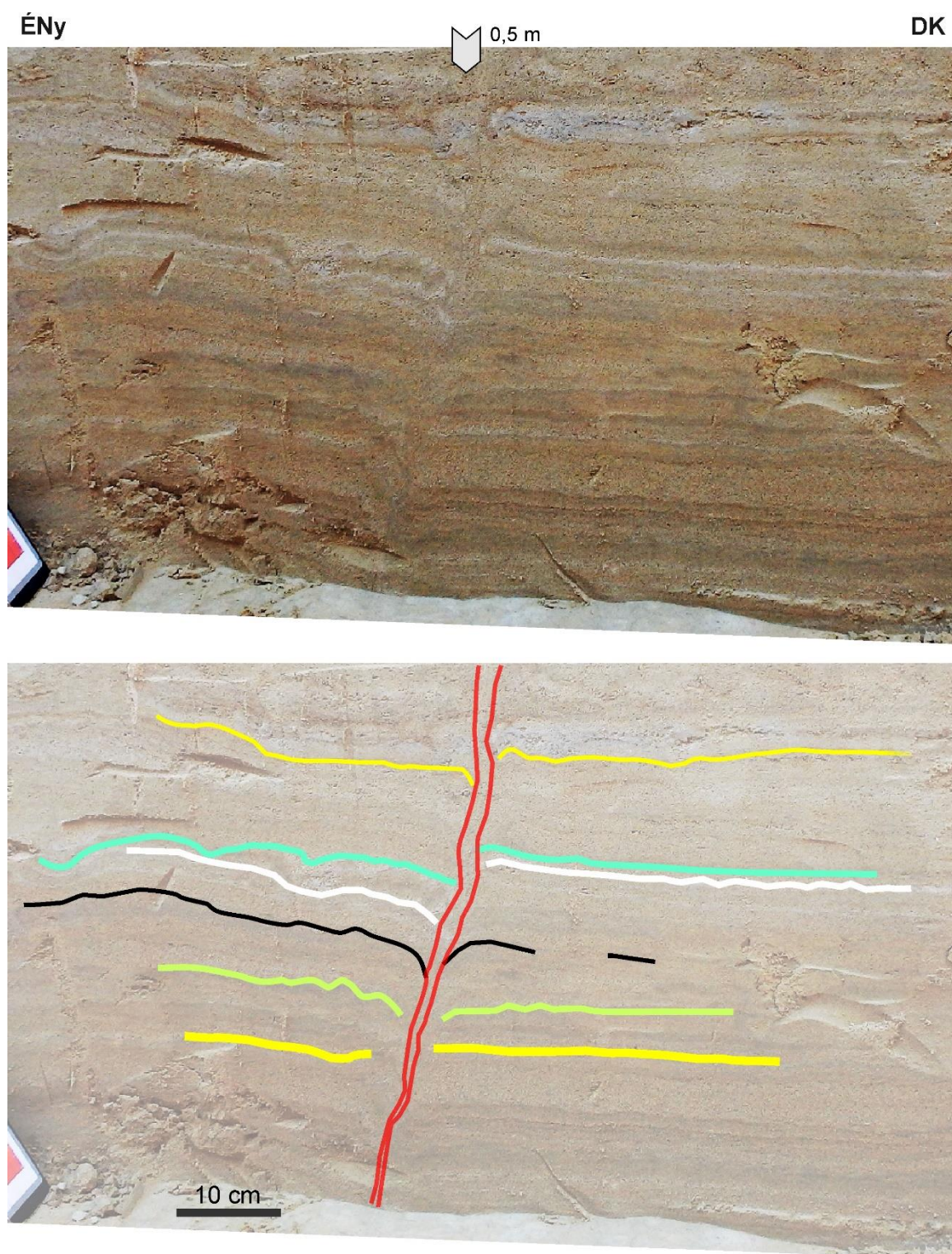
1.3.3 Kutatóárokok dokumentálól és értelmező jelentése



28. ábra. A 0,5 méternél észlelt szerkezet kiterített ábrázolása

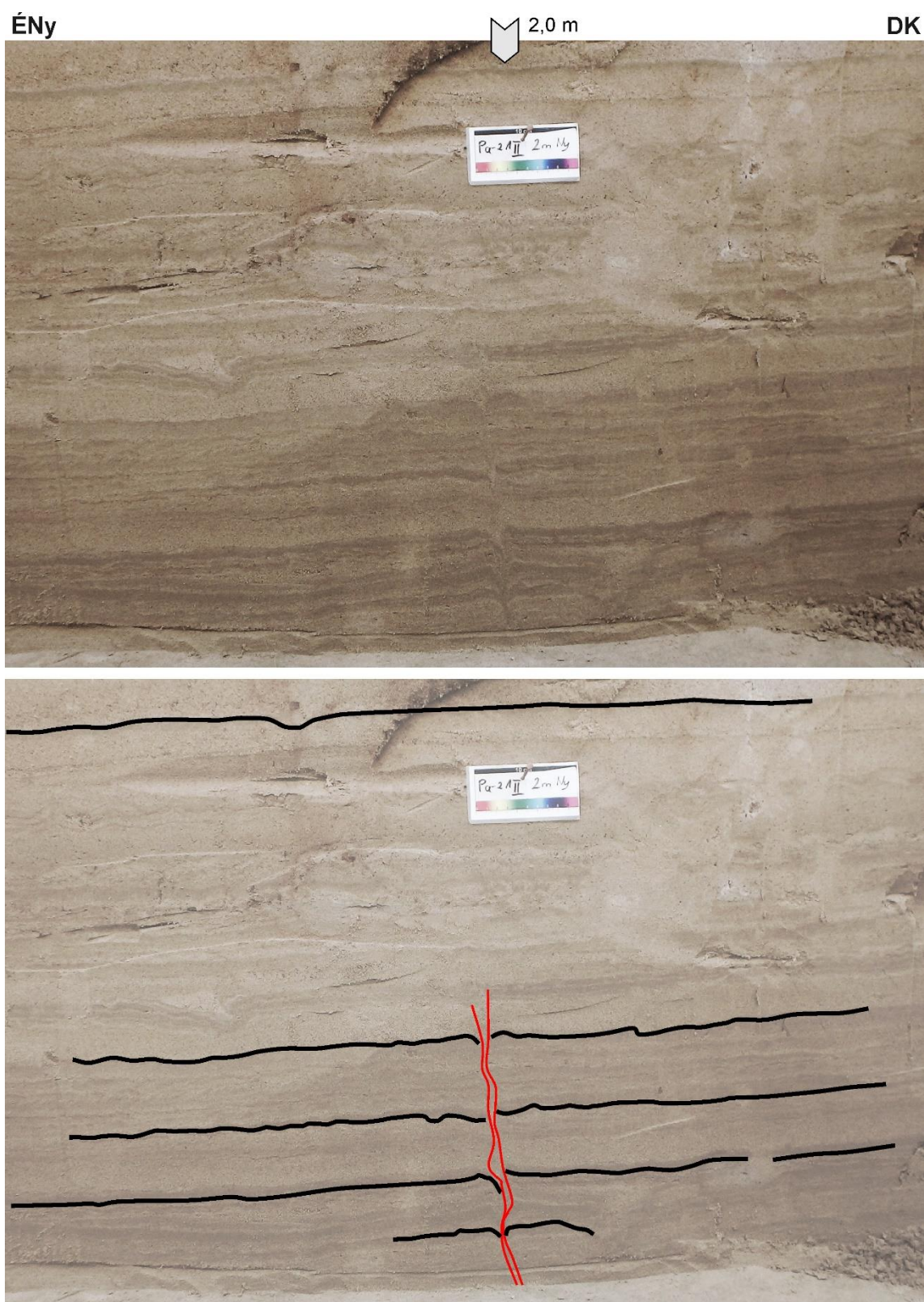
A szerkezeti elemek közelében rétegdeformáció látható mindkét árokfalon.

1.3.3 Kutatóárokok dokumentáló és értelmező jelentése



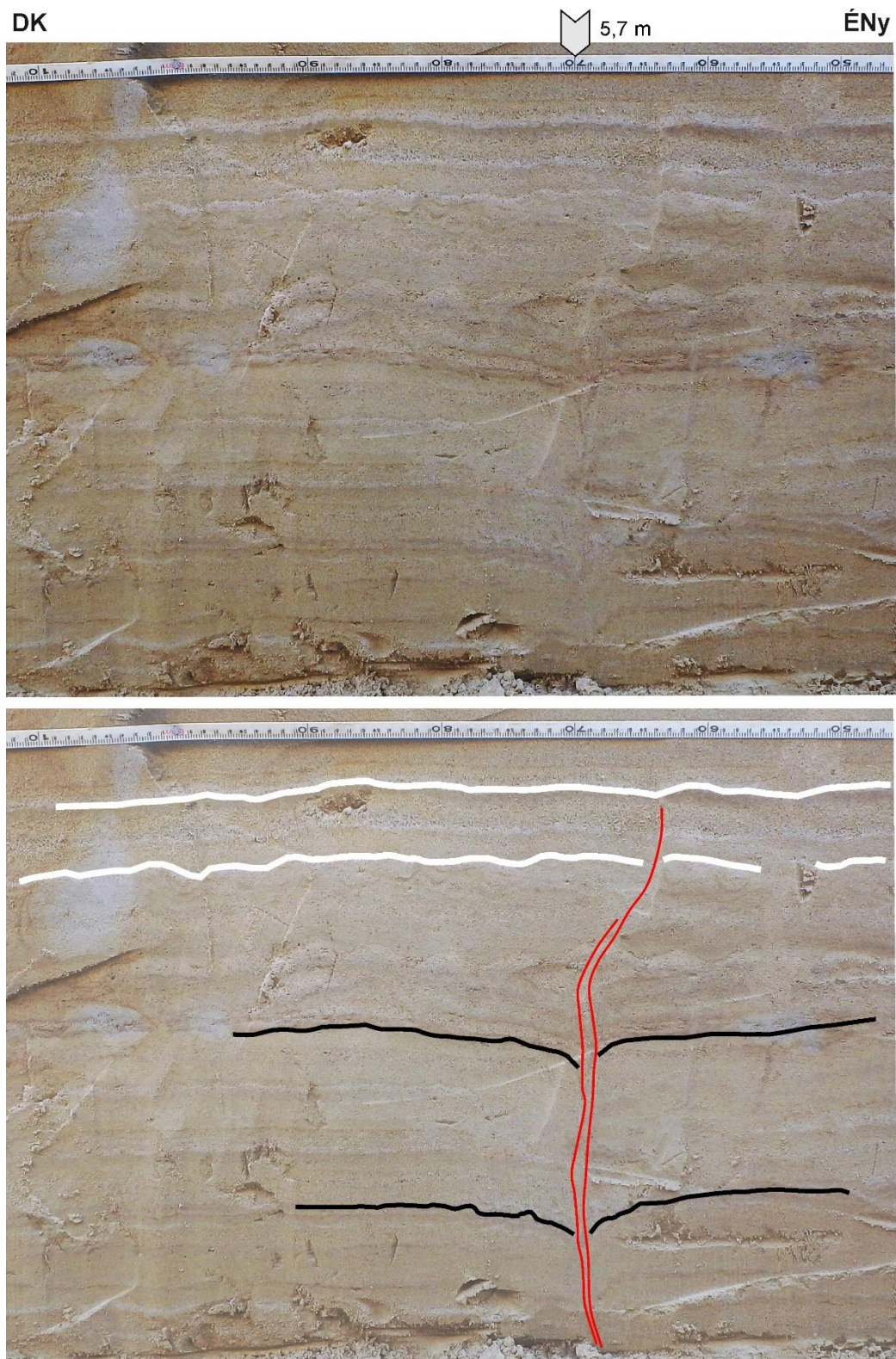
29. ábra. A 0,5 méternél dokumentált elem rétegdeformációi az ÉK-i oldalfalban, az ároktalp felett

1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése



30. ábra. A 2 méternél dokumentált elem a DNy-i oldalfalban, a talp felett
A szerkezet alsó részén jól megfigyelhetők a lefelé hajló szimmetrikus rétegdeformációk.

1.3.3 Kutatóárokok dokumentáló és értelmező jelentése



31. ábra. Az 5,7 méterben észlelt szerkezet az ároktalp felett

A legfelső rétegek már zavartalanul fedik le a képződményt.

37 jelű szerkezet

1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése

Az ároktalp felett az ÉK-i falban és a talpon jelentkezett. Fölfelé és oldalirányban kiékelődő. A talpon en echelon szerkezetet mutat. Rétegdeformáció nem kíséri, szélessége viszonylag egyenletes. Oldalelmozdulásként értelmezve mintegy 2,5 cm balos eltolódást jelez.



32. ábra. En echelon szerkezetet mutató, kiékelődő hasadék az árok 37. méterében.

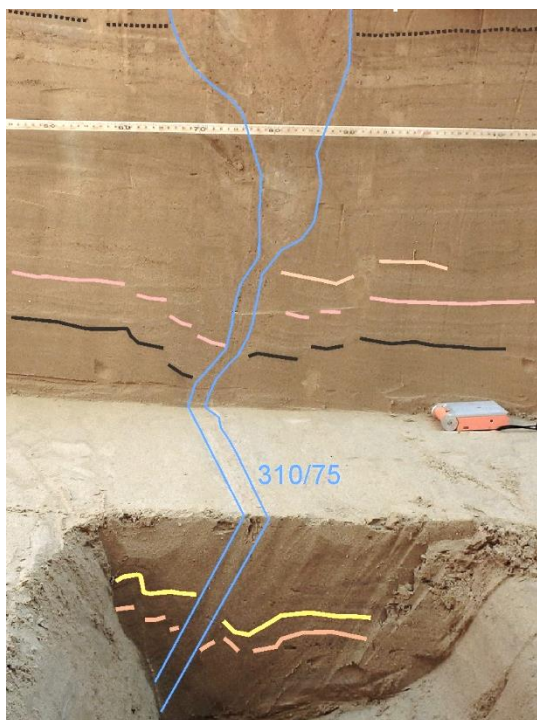
Rétegdeformáció nem észlelhető. Vetőként (balos eltolódásként) értelmezve 2,5 cm vízszintes elmozdulást jelöl. Talp a 3. mélységfogás talpa

40,7 jelű szerkezet

A 40,7 méternél feltárt szerkezet (34. ábra, pirossal jelölve a bal oldalon) az ároktalp feletti 60 cm-ben határozott kifejlődésű, itt 1 cm függőleges összetevőjű elmozdulást is okozott. Feljebb, az árok felső szintjében már bizonytalan a megjelenése.

41,2 jelű szerkezet

A 34. ábra jobb oldalán látható, pirossal jelölve. Az árok alsó két szintjében egyaránt előfordul, követhető, legalul kiékelődik. Felső elvégződése bizonytalan, a szeizmitnek határozott réteget (16. ábra, 24. ábra) már nem érinti. Különböző jellegű rétegdeformációk kísérik: fölfelé és lefelé hajló szimmetrikus formák egyaránt előfordulnak (kiemelve a 34. ábra alsó képén).



43,7 jelű szerkezet

43,7 méternél a talp felett 30-40 cm szélességűre felnyíló, keresztmetszetén tölcser formát mutató hasadék jelentkezett (35. ábra). Ez a törésrendszer a kutatóárkok legmarkánsabb szeizmotektonikus eleme. Kiterített ábrázolását a 36. ábra mutatja be.

A szerkezet dilatációs jellegű, normálvetők kísérik. A fellazulás során a fedő illetve határoló rétegek törmeléke került a hasadékba. Csapása DNy-ÉK-i, dőlése 75-90 fok (ÉNy felé). A mélység felé követhető, dőlésszöge laposabbá válik (75°) (33. ábra).

A szerkezetet jelentős rétegdeformáció kíséri, a normálvetők mentén a rétegek a hasadék felé billennek. Fölfelé az elhalványuló határai következtében egyre kevésbé követhető. -1 méteren már zavartalan rétegek fedik.

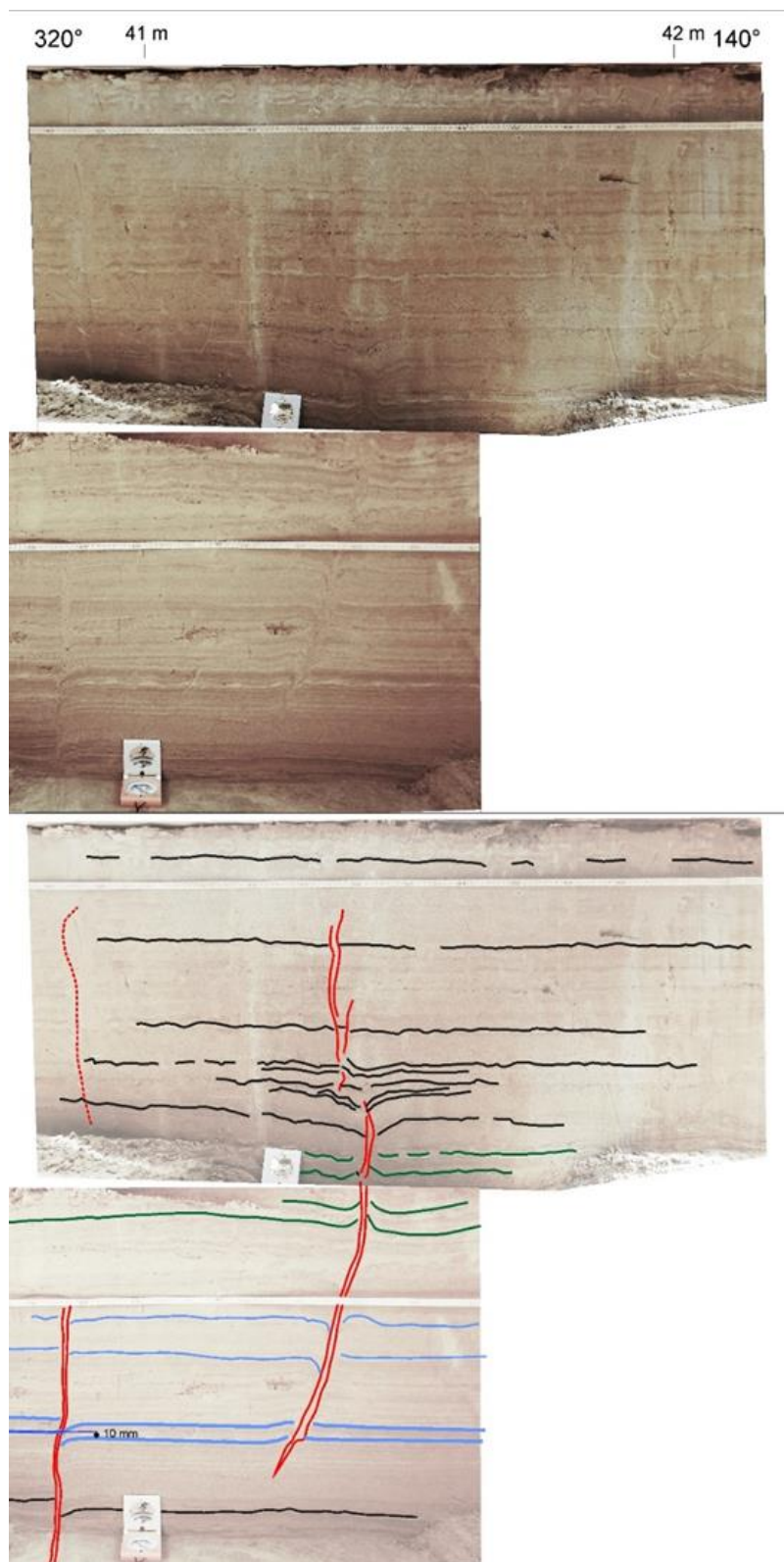
33. ábra. A 43,7 méterben észlelt szerkezet folytatódása az ároktalp alatt.

Meredeksége 75°-ra csökken.

Elmozdulás a törés mentén nem észlelhető. A környezetében ugyan kibillentek a rétegek, de a zavart zónától távolabb a marker rétegek ugyanabban a szintben folytatódnak (36. ábra).

A 43,7 méternél észlelt szerkezet jellegzetes, oldalelmozduláshoz köthető negatív virágszerkezet.

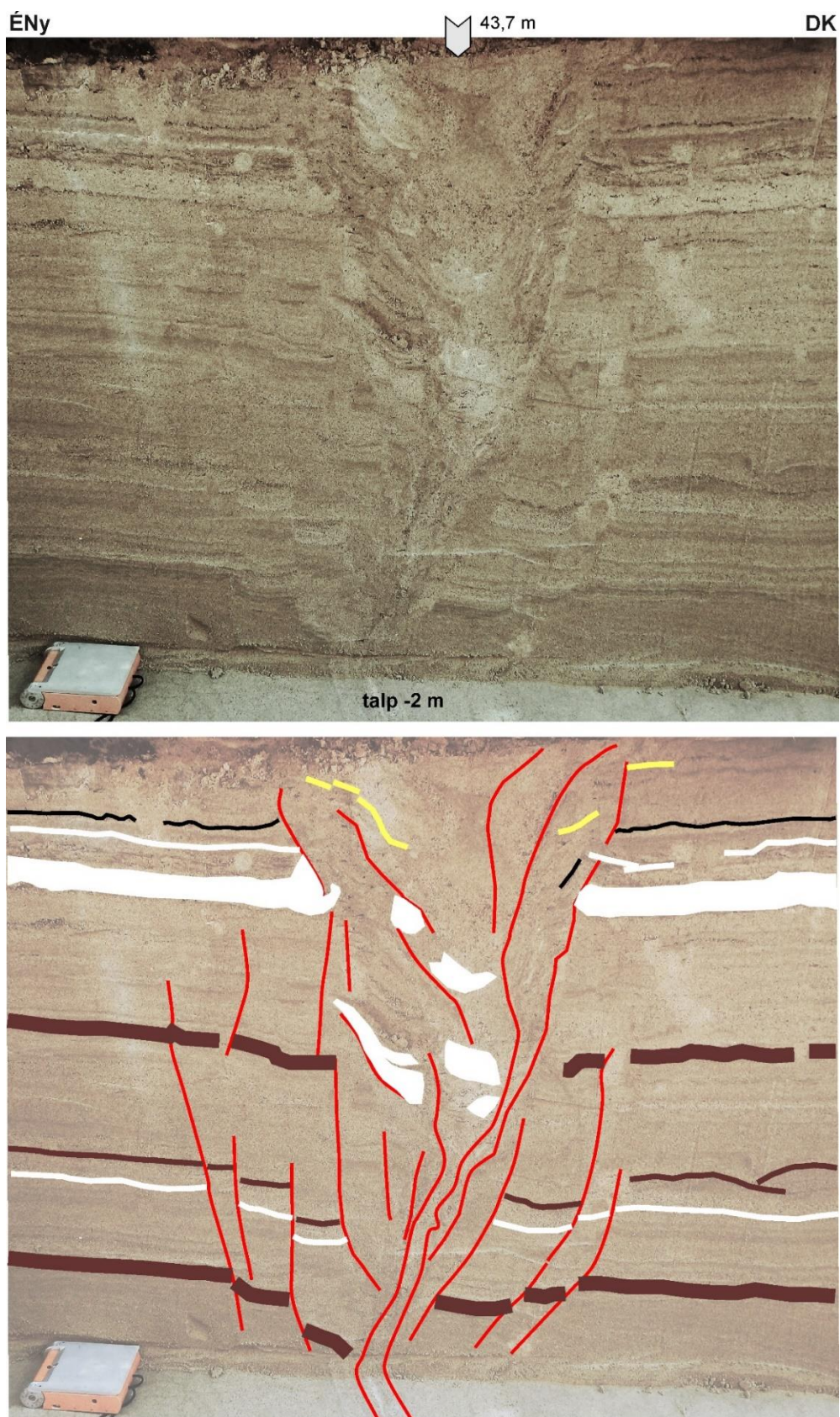
1.3.3 Kutatóárok dokumentáló és értelmező jelentése



34. ábra. Elmozdulási felszín és kiékelődő törés 41 és 42 m között, az árok K-i falában

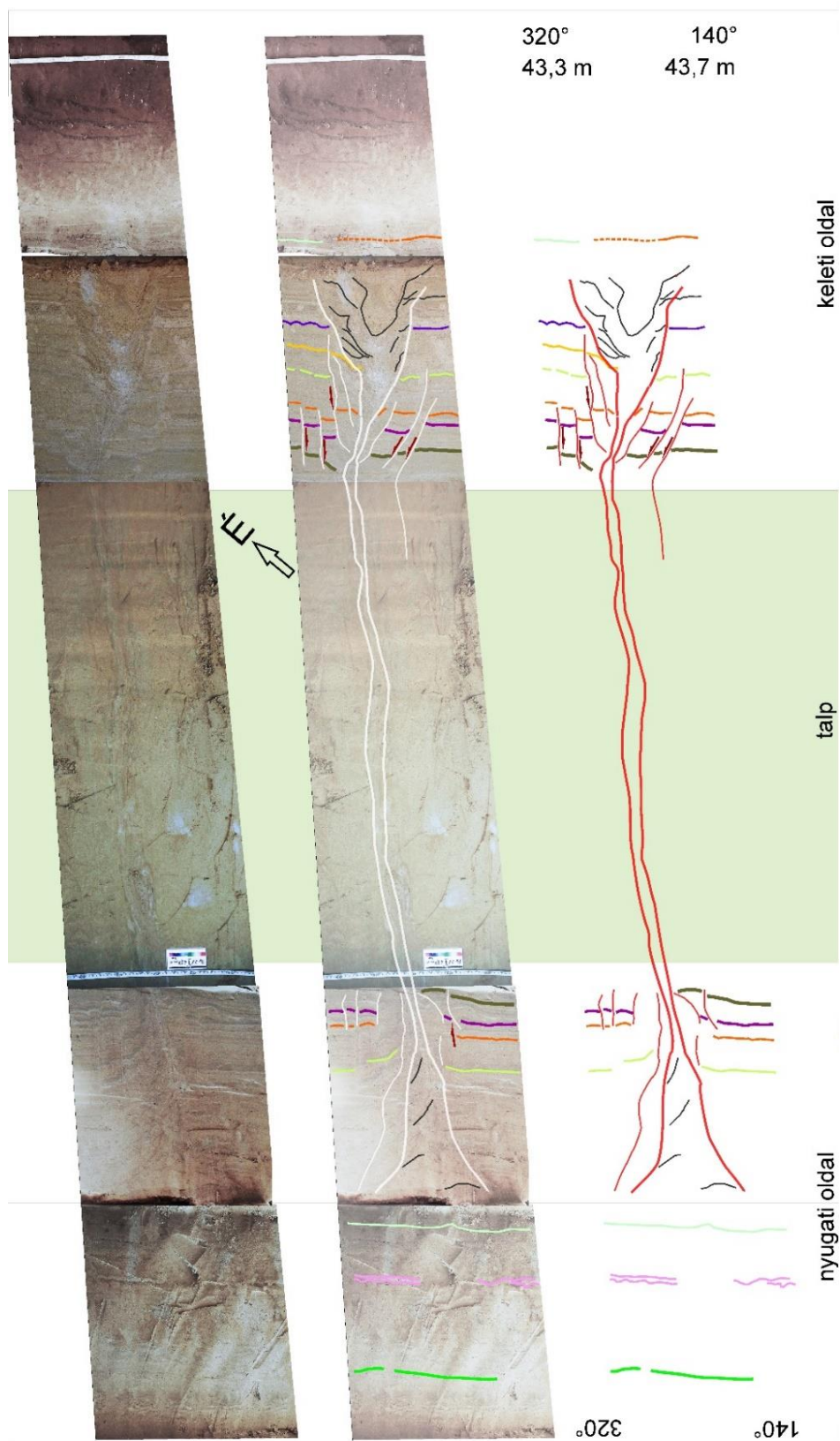
Megfigyelhető a hasadékok kiékelődése mind fölfelé, mind lefelé. Peremükön a rétegek szimmetrikusan deformáltak. A kézzel jelölt rétegek lefelé hajlanak, a zölddel jelöltek fölfelé. A bal oldali hasadék mentén a kézzel jelölt alsó két rétegekben 10 mm-es elvetés mérhető. A rétegek helyzete alapján az elvetés feltolódás összetevőjű (a hasadék 88 fokkal ÉNy felé, a képen balra dől), ezzel nincs összhangban a rétegek meghajlásának (flexúráinak) iránya.

1.3.3 Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése



35. ábra. Normálvetőkkel kísért, felnyíló hasadék az árok 43,7 méterében, DK-i oldalfal a talp felett

Az azonosítható rétegek azonos színnel jelöltek. A hasadékot a közvetlen határoló és fedő rétegek törmeléke töltötte fel.



36. ábra. A 43,7 méternél, 2 méter talp felett észlelt szerkezet kiterített ábrázolásban

Geometriája, elmozdulásai alapján transzteniós negatív virágszerkezet. A törésrendszer két fázisú kialakulásra utal, egyik fázis sem metszi a 1,3 méter feletti rétegeket.

60,8 jelű szerkezet

A változó szélességű hasadék a talptól 1,1 méter magasságig, a szeizmit rétegig követhető (37. ábra).

68,3 jelű szerkezet

Fölfelé kiszélesedő hasadék, amelyet az északnyugati oldalán erőteljes rétegdeformáció kísér. Kérdéses, hogy ez kapcsolatban áll-e a hasadék keletkezésével. Fölfelé csak 60 cm magasságig követhető, de mindkét oldalfalban és a talpon is észlelhető.

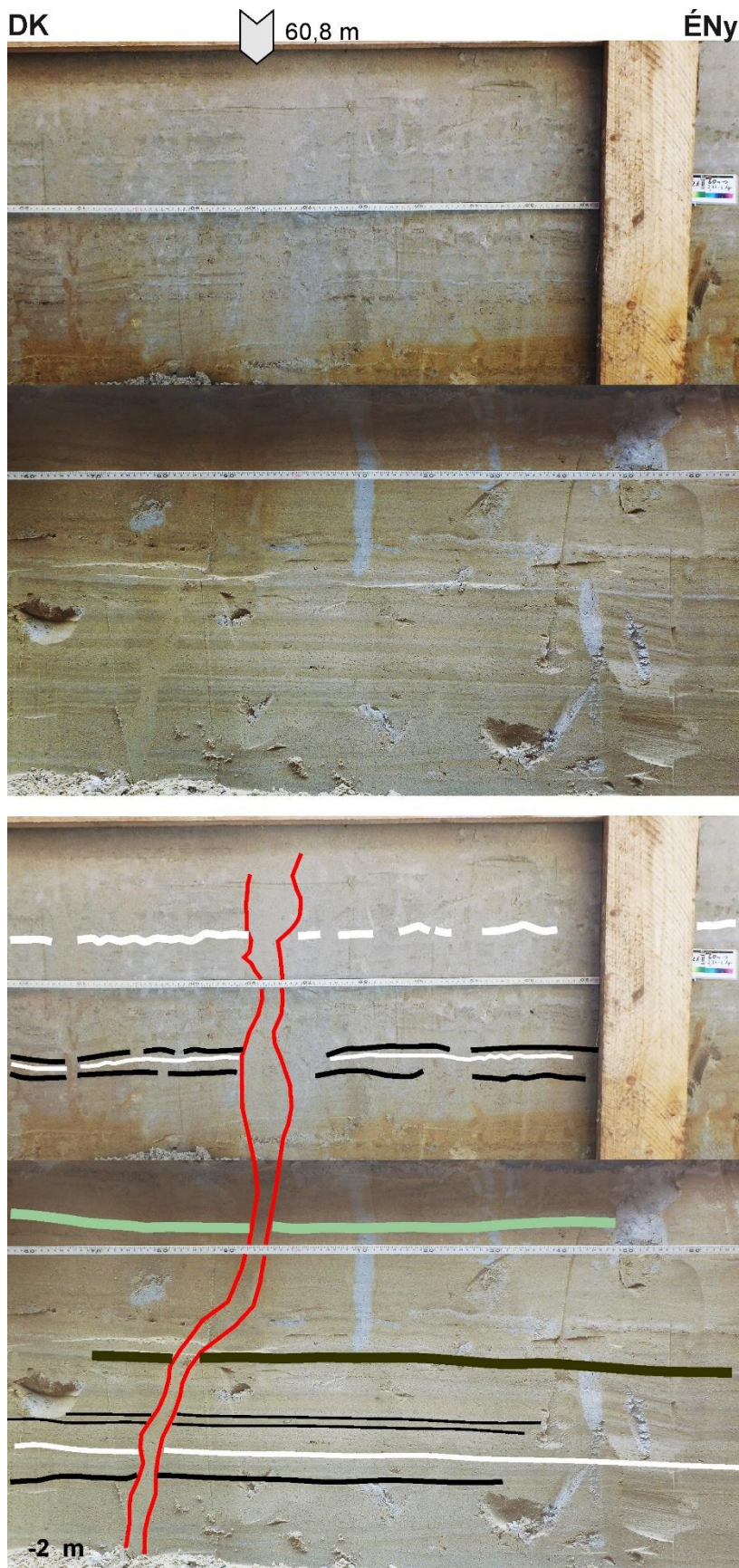
71,9 jelű szerkezet

Mindkét oldalfalban a szeizmites rétegig követhető. Vastagsága egyenletes és nem kíséri rétegdeformáció (39. ábra). Erősen karbonátosodott (40. ábra).

73,2 jelű szerkezet

Csak az ároktalp alatt 30 centiméterrel jelentkezett. A 71,9 jelű szerkezetet követték néhány dm mélységig egy kisebb gödörrel, amiben megjelent egy kiékelődő, keskeny, a 71,9 jelű szerkezettel párhuzamos, erős, szimmetrikus rétegdeformációval kísért hasadék (41. ábra).

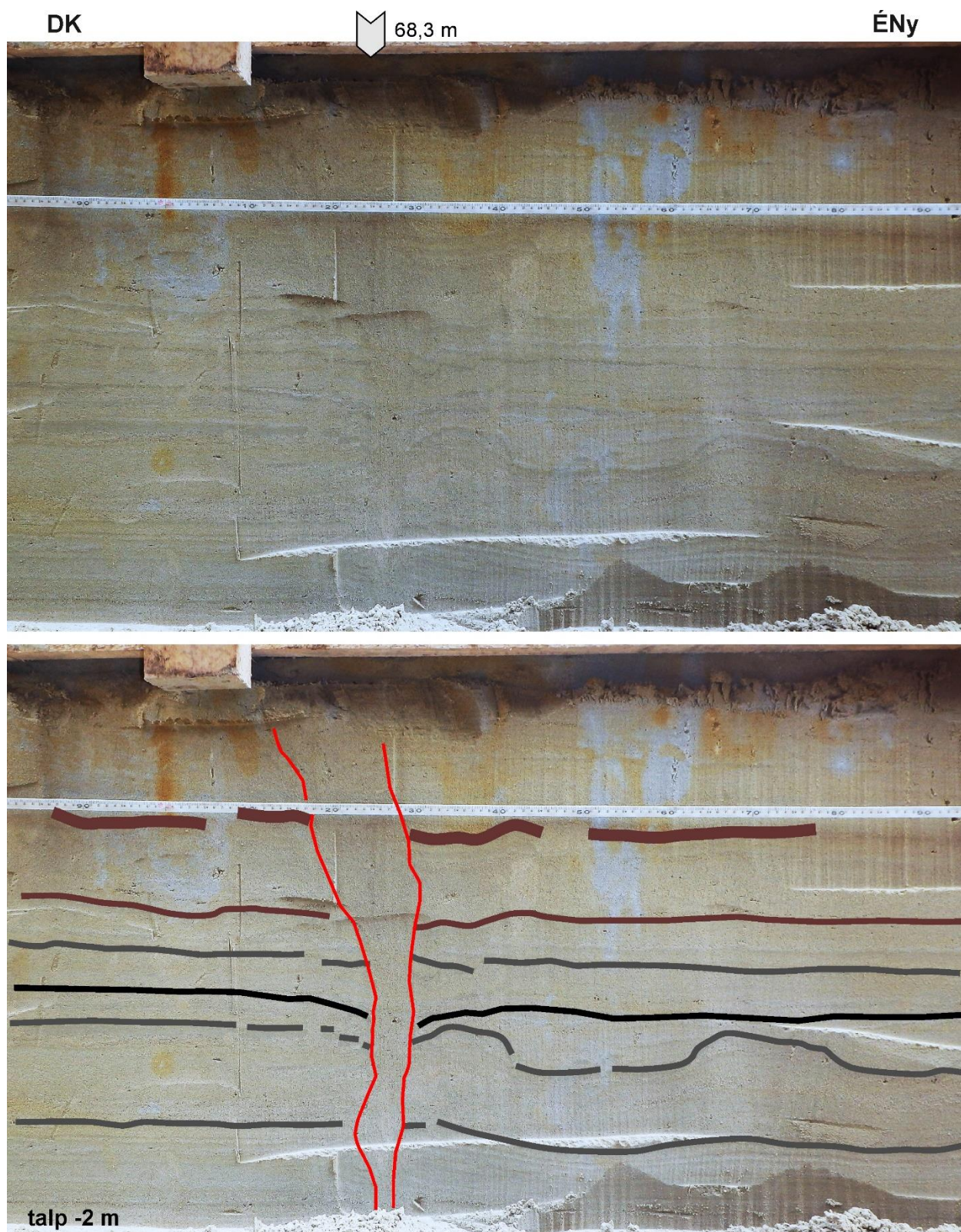
1.3.3 Kutatóárok dokumentálása és értelmezése



37. ábra. 60,8 méternél észlelt hasadék.

Rétegdeformáció nem kíséri. Fölfelé beleolvad a környezetbe.

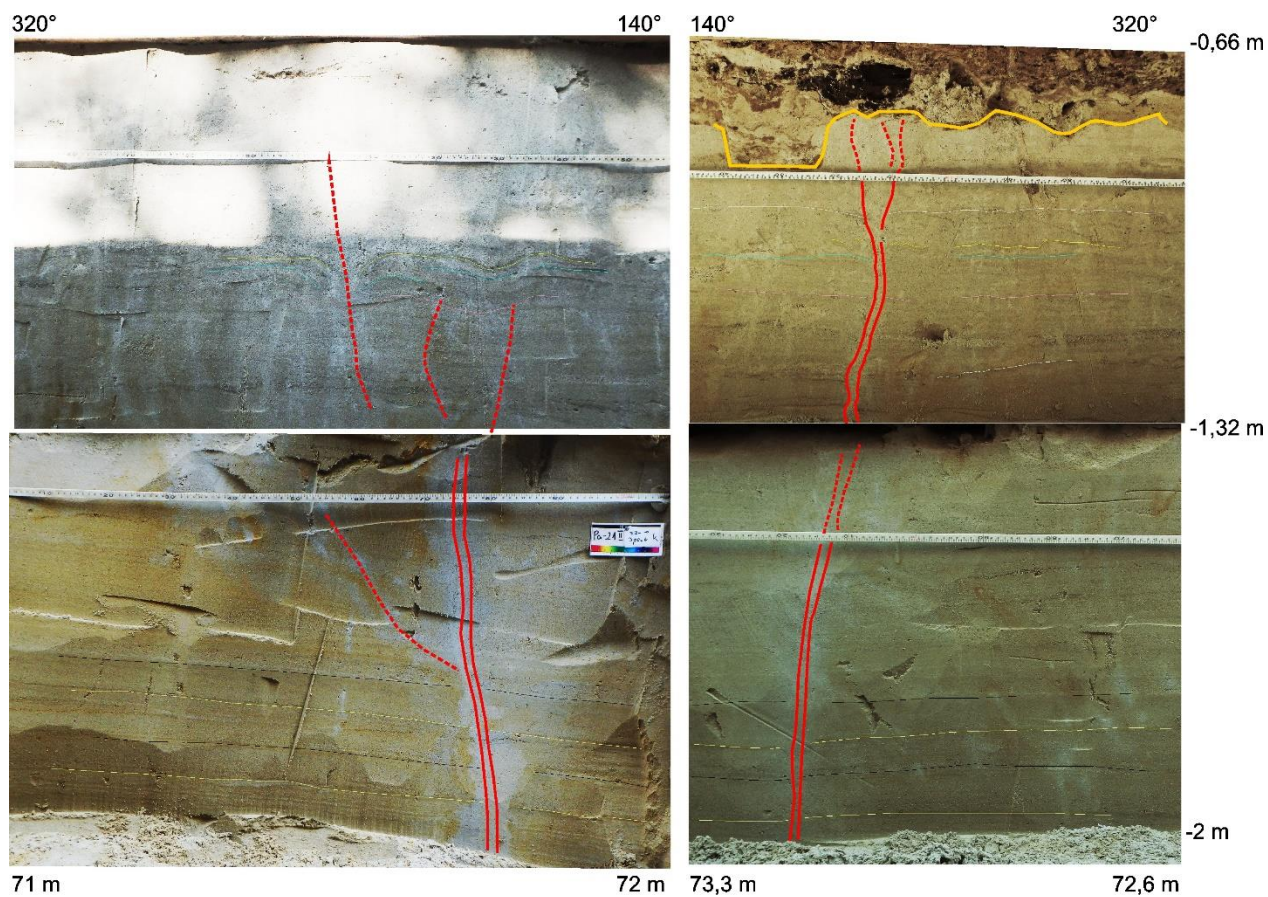
1.3.3 Kutatóárkok dokumentálój és értelmező jelentése



38. ábra. 68,3 méternél észlelt, fölfelé csak 60 cm-t követhető szerkezet

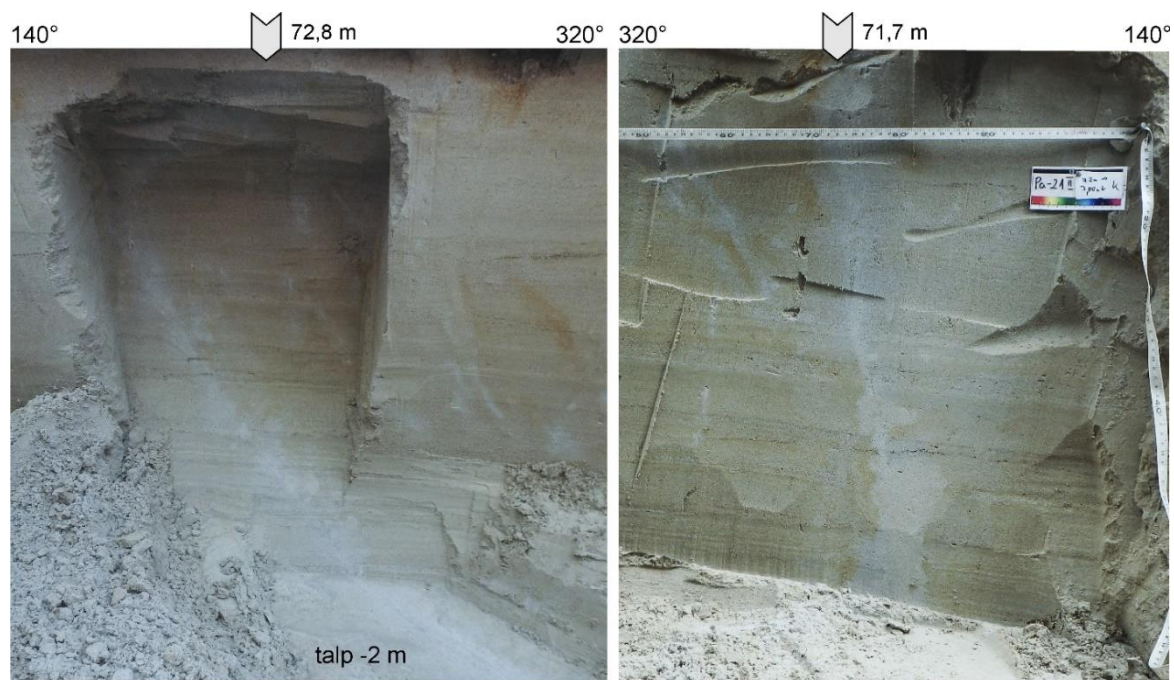
Gyenge rétegdeformáció kíséri.

1.3.3 Kutatóárokok dokumentáló és értelmező jelentése

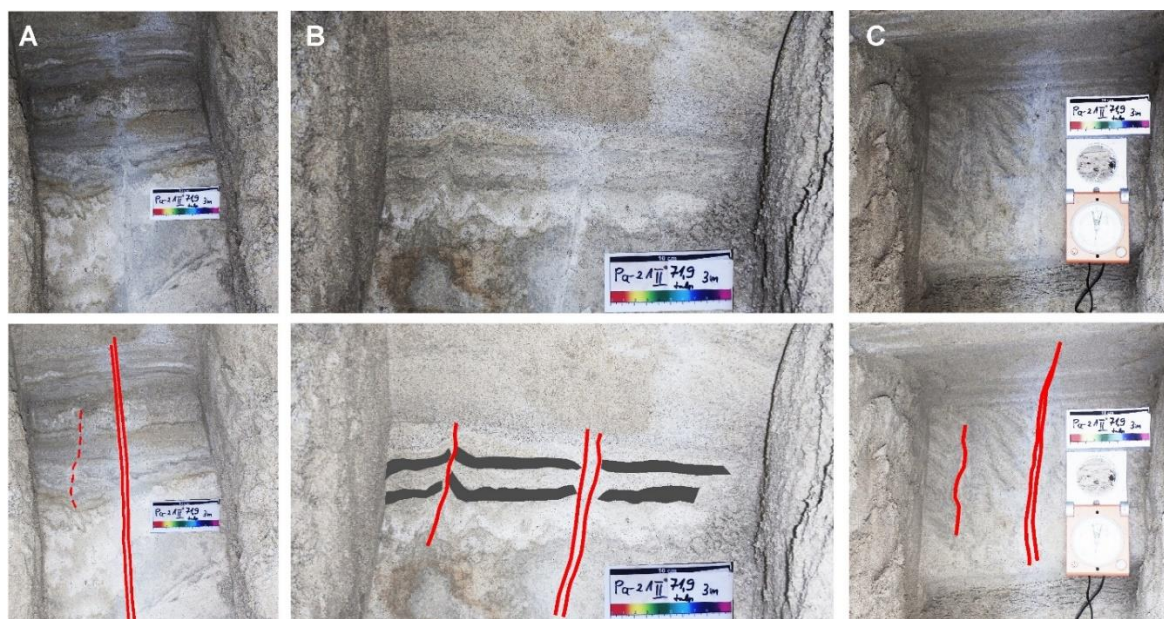


39. ábra. A 73,2 méternél észlelt szerkezet

Az árok mindkét oldalfalában megtalálható. Rétegdeformáció nem kíséri.



40. ábra. A 72,8 méternél észlelt szerkezet jellegzetessége az erős karbonátosodás

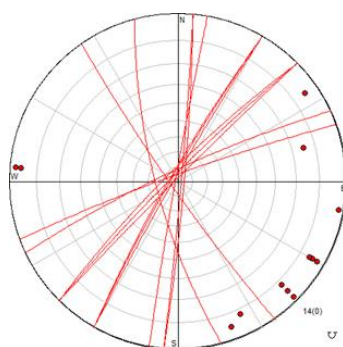


41. ábra. 71,9 és 73,2 méternél észlelt szerkezetek a talpon

A két párhuzamos szerkezet közel vízszintes metszete, néhány cm szintkülönbséggel, az ároktalp alatt. A rétegződés vízszintes, a kis gödör talpa néhány fok dőlésű, ezért a vékony rétegek jelentős álvastagságot mutatnak. Az 'A' jelű képen még csak egy sík (71,9) metszete látható, a kép közepén. A 'B' lépén már megjelenik a kiékelődő másik hasadék (73,2), amelyet erősebb rétegdeformáció kísér. 10 cm-rel mélyebben egy hullámfodros réteg vízszintes metszete látható (C). Zavartalansága alapján vízszintes elmozdulás nem kíséri a szerkezeteket.

A szeizmotektonikus elemek jellemzői

- 1. A 84 m hosszú, az eredeti terepszinttől számítva ~1+2 m mélységű árokban három csoportban jelentkeznek (2. ábra), csapásuk DNy–ÉK-i (a Dunaszentgyörgy–Harta törésövvel párhuzamos), dőlésük meredek, 75–90° közötti (42. ábra).
- 2. 41,3 méternél és 43,7 méternél olyan szerkezeteket tárt fel az árok mindkét oldalfala és talpa, amelyek csapásuk, meredekségük és normálvetős kísérő töréseik (35. ábra; 36. ábra) alapján egyértelműen az aljzatban megismert virágszerkezethez kapcsolódó (transztenziós negatív virágszerkezet jellegű) oldalelmozdulások.
- 3. A felületek közötti extenziós felnyílások oldalfalai zezugos lefutásúak. Szélességük 0–8 cm, jellemzően 1–2 cm.
- 4. Fölfelé, lefelé és oldalirányban is kiékelődhetnek (34. ábra).
- 5. Peremükön a rétegek deformációt szenvedtek: a hasadékot kísérve szimmetrikusan meghajolnak. Jellemzően lefelé hajlanak (34. ábra), ritkábban fölfelé (34. ábra, zölddel jelölt rétegek). Környezetükben a rétegek helyenként redőztek (29. ábra).
- 6. Elmozdulás 41 m-nél volt megfigyelhető, egy 10 mm-es, feltolódásos összetevőjű oldalelmozdulás formájában (34. ábra). Egy esetben, 37 méternél volt megfigyelhető balos nyírásra utaló en echelon mintázat (32. ábra). Itt a hasadékok szélessége alapján 2,5 cm a minimális vízszintes elmozdulás mértéke. A 41. ábra C képen látható törések mentén – a homokfodrok zavartalansága alapján– vízszintes elmozdulás nem történt.

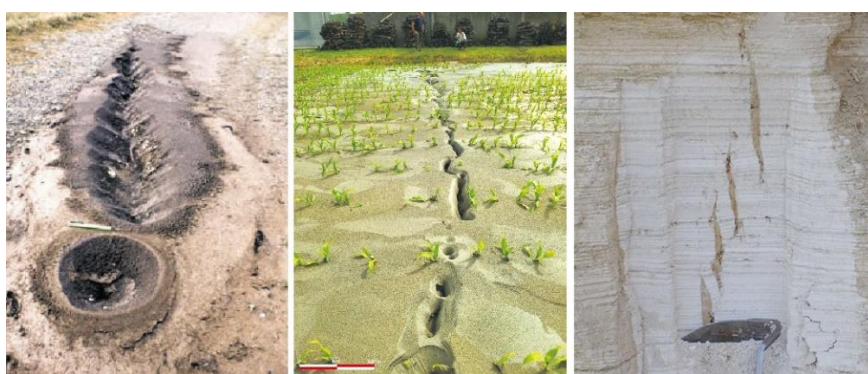


42. ábra. A szeizmotektonikus elemek sztereogramja (14 adat)

A szeizmotektonikus elemek értelmezése

A szeizmotektonikus eredetű jelenségeket fentebb három csoportra osztottuk. Az a) pont alatt szeizmitként értelmezett üledékszerkezetek a talajfolyósodáshoz szükséges 5-ös magnitúdó alatt is kialakulhatnak [12] [15].

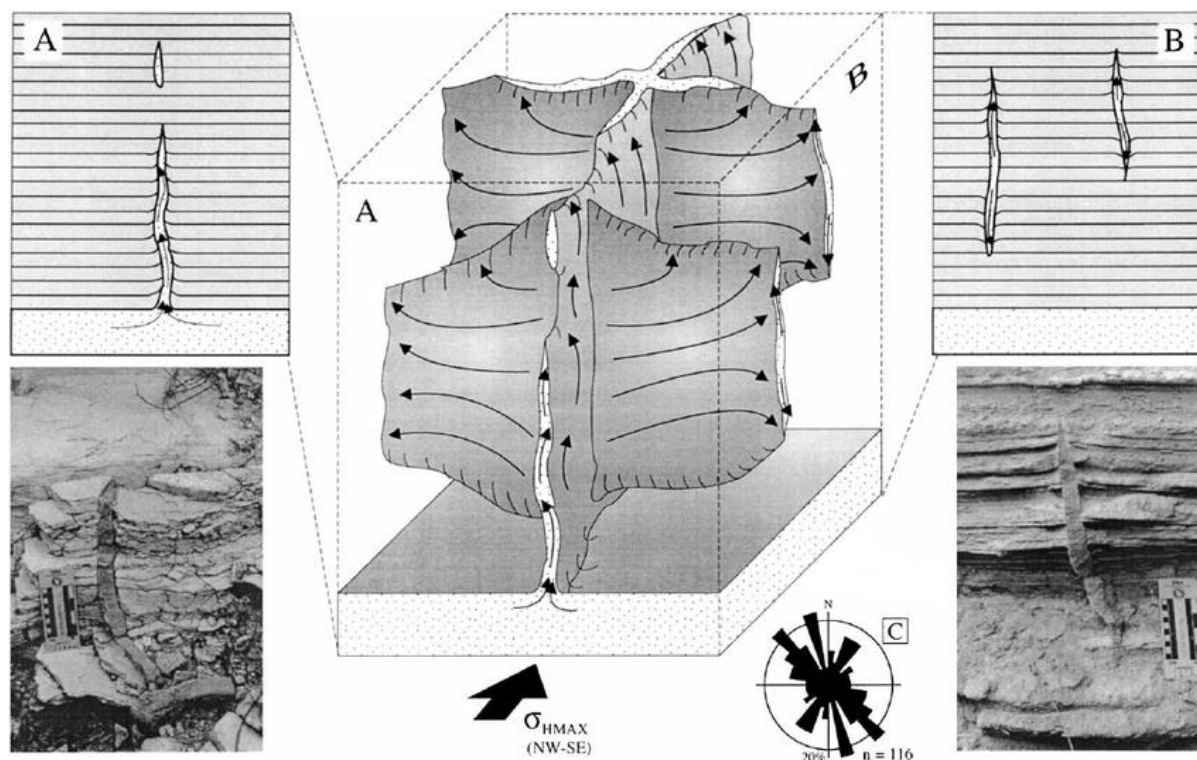
A szimmetrikus flexúrák a homokinjekciók sajátos morfológiai jellemzői, mint azt a 44. ábra B képe szemlélteti: a rétegek elhajlása a benyomulás irányát mutatja, ezért ellentétes irányúak is előfordulhatnak. Ugyanez a Pa–21–II árokban a 41,2 méternél megfigyelt elválási sík mentén is megfigyelhető (34. ábra). A 0,5 méternél és a 41,3 méternél harántolt szerkezetek a 43,7 m jelűhöz hasonló felnyílást mutatnak a felső, elhaló részükön, ugyanakkor alsó részüket szimmetrikus flexúrák jellemzik (27. ábra, 28. ábra és 29. ábra). A flexúrák jellemzően lefelé hajolnak, ritkábban fölfelé (34. ábra). A rétegsor a felszínközeli talajban található, a benne talált szerkezetek kialakulásukkor a mainál még vékonyabb fedőt hordoztak, azaz a függőleges terhelés alacsony értéke miatt a homokinjekcióknak fölfelé kellett hatolniuk. Ezzel szemben általános a rétegek lefelé hajlása, ami a fentebb írtakra figyelemmel nehezen értelmezhető. A laza üledék gravitációs deformációjának (lefelé hajlásának) ellentmondanak a fölfelé hajló szimmetrikus flexúrák előfordulásai. A 37 méternél megfigyelt, balos elmozdulásra utaló en echelon szerkezet (32. ábra) ugyanúgy jellemző a vetőfejlődés egy szakaszára, mint a szeizmikus homokbenyomulások kialakulására. Előbbi esetben a felnyílások összes szélessége megadja az elmozdulás mértékét.



43. ábra. Recens (balra és középen) és fosszilis (jobbra) benyomulások homoktelérek

Balra: benyomulások homoktelér felszíni megjelenése az oregoni Nisqually folyó torkolatában [23]. A méretarány egy toll. Középen: az olaszországi Emilia földrengés (2012) következtében keletkezett benyomulások homoktelér felszíni megjelenése (a lépték deciméteres) [14]. Jobbra: benyomulások hasadékok en echelon szerkezete a Holt-tenger medencéjében, a Lisan Formáció rétegsorában [16].

A szeizmikus benyomulások telérek jellegzetességeit szemléletesen mutatja be [16] (44. ábra). A Pa–21–II kutatóárkokban valamennyi morfológiai bélyeg megtalálható, de magát az injektált homokot, a távolabbi rétegből benyomult anyagot nem lehetett kimutatni. Ennek oka lehet az is, hogy a rétegsor – eolikus fáciesének megfelelően – rendkívül egyveretű, a szemcseméret jellemzően a finom-középszemű homok tartományban marad, így a befoglaló üledéktől nem különbözik észrevehetően.)



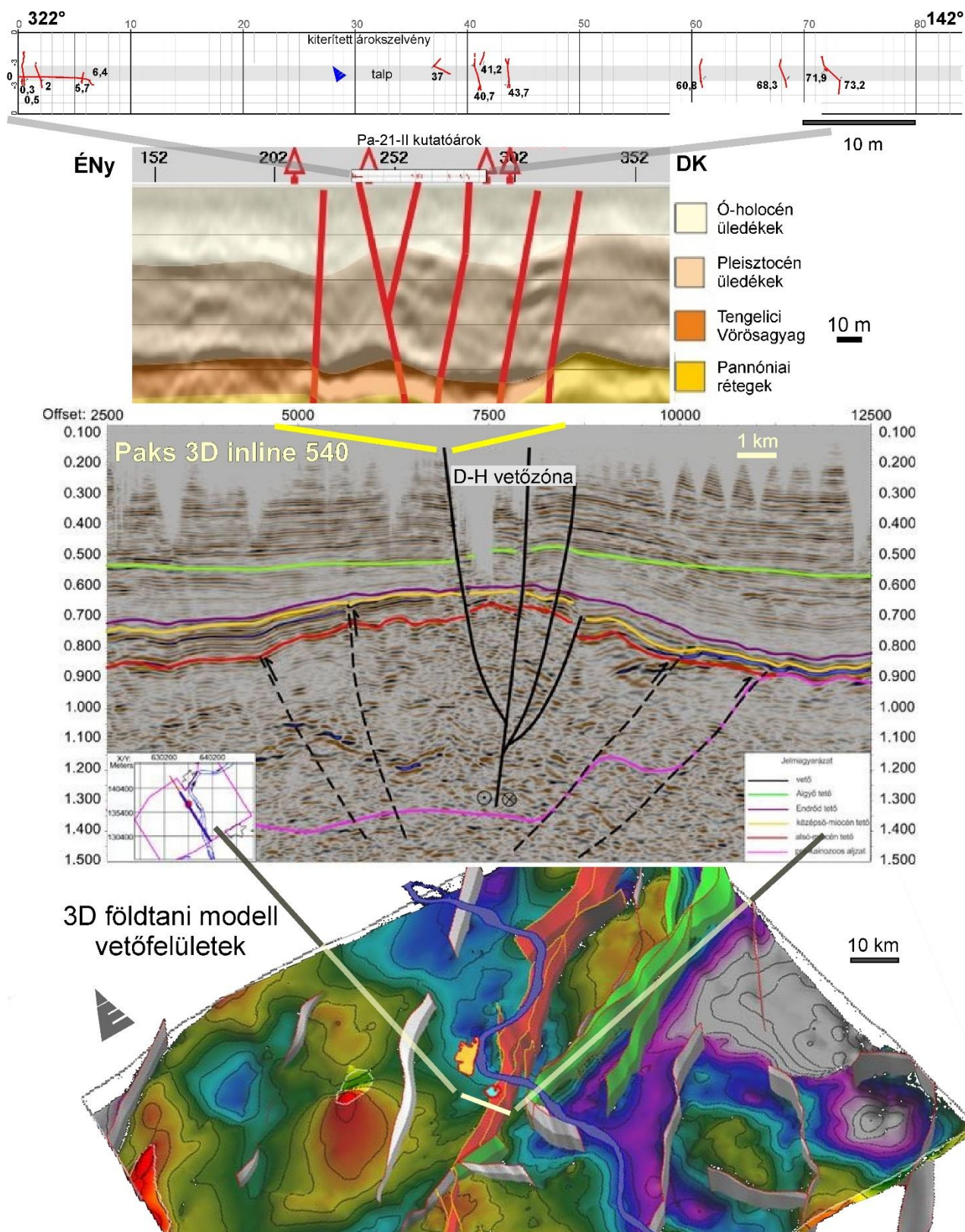
44. ábra. Benyomulások telérek jellemzői

Egy délkelet-spanyolországi késő miocén rétegsor benyomulások homokteléireit [12] ismerteti. A szeizmikus telérek esetében a hasadékok kísérő flexúrák irányítottágát az injektálás irányára vezetnek vissza. Így, ha a benyomulás egy adott rétegből a kialakuló hasadékokban lefelé és felfelé is megtörtént, a réteghajlás ellentétes irányú lesz (l. B részlet). A telérek csapása (C) egyezik a legnagyobb főfeszültség irányával.

A homoktelér jellegű képződmények esetében felmerült még a kriogén eredet lehetősége, de ez az előfordulások földrajzi helyzete, mélysége és szerkezete alapján kizárható.

Mindezen értelmezési nehézségek mérlegelése után a konzervatív megközelítés a tektonikus törés minősítést kívánja meg. A fentebb részletezett ellentmondásokat feloldja, ha a bizonytalan eredetű rétegsor deformációs jelenségeket a transztenziós virágszerkezet elmozdulásainak hatására kialakult deformációként értelmezik. Ebben az esetben a 37 méternél dokumentált, balos nyírásra utaló en echelon mintázat (32. ábra) a hasadékok szélessége alapján 2,5 cm minimális vízszintes elmozdulást jelöl. A szerkezeti elemek kora az OSL kor alapján ~20 ezer évre tehető, miután a $19,3 \pm 1,5$ ka korú üledék azokat lefedi. A 0,5 méternél dokumentált törés metszi csak át ezt az „időhatárt”. Tekintettel a kormeghatározási módszer bizonytalanságaira és a hibahatár mértékére, a visszatérési idő nem számítható ki, de nagyságrendje ezer évesnek valószínűsíthető. Ez a valószínűsített érték összhangban áll a szedresi szeizmikus lumineszcens korából számított 1500 éves visszatérési idővel [5], továbbá a feljegyzett földrengések gyakorisági görbéjének trendjéből adódó visszatérési idővel, ami szintén ezer éves nagyságrendűnek adódott [7].

1.3.3 Kutatóárok dokumentáló és értelmező jelentése



45. ábra. A Pa-21-II kutatóárokban feltárt szeizmotektonikus elemek kapcsolata a Dunaszentgyörgy-Harta vetőzónával

A szelvények magyarázatát 1. a 2. ábra alatt. A Pa-21 jelű vetőkutató fúrások alapján újraértelmezett sekélyszeizmikus szelvény fölé helyezve a a kutatóárok tektonikai észlelési szelvényét szembevetendő, hogy a dokumentált szeizmotektonikai szerkezetek a sekélyszeizmikus szelvényen meghatározott törések felett található, csapásuk és meredekségük azzal megegyező.

1.1.6 Összefoglalás

A Pa-21-II jelű árokban feltárt szeizmotektonikus szerkezetek negatív virágszerkezethez tartozó oldalelmozdulásos rendszer törési felületei. A törési felületek mentén elmozdulás két esetben volt kimutatható: 41 méternél 1 cm függőleges, 37 méternél 2,5 cm vízszintes komponenssel. A törési felületek egy része szeizmikus homoktelérek benyomulásával jött létre.

A kutatóárkokban tett megfigyelések alapvető adatokkal járultak hozzá a jelenkori tektonikai folyamatok minősítéséhez. A paksi terület korábbi és jelen kutatási szakaszában különféle módszerekkel nyert adatok arra utalnak, hogy a Dunaszentgyörgy–Harta vetőzóna a terület fiatal és aktív tektonikai eleme. A Dunaszentgyörgy–Harta vetőzóna a „Kaposvonalhoz” csatlakozik, amelynek jelenkori aktivitását igazoló megfigyelésekről [19] és [10] számolt be. A Pa-1-B fúrásban a Tengelici Formációban észlelt eltolódás (6. ábra) is arra utal, hogy a terület fiatal szerkezetei, így a kutatóárkokban észlelt szeizmotektonikus jelenségek is az aljzatból ismert eltolódási rendszerhez tartoznak (45. ábra). Ugyanakkor hangsúlyozandó, hogy a kutatóárokból származó ismeretek szerint még ebben a tektonikusan aktív zónában sem alakult ki érdemleges, szignifikáns elvetés a vizsgált képződményekben.

Irodalomjegyzék

- [1] Barabás A. (2016): *Javaslat felszinközeli, fiatal szerkezeti mozgások vizsgálatára.* – Ált/650-1/2016
- [2] Barabás A. (2016): *Pa–22 szelvény fúrásainak előzetes értékelése.* Feljegyzés. – Ált/1197-1/2016. Mecsekérc Zrt., Pécs
- [3] Chikán G. (2016): *A Pa–21–C fúrás földtani dokumentációja.*
- [4] Chikán G. (2016): *A Pa–21–E1 fúrás földtani dokumentációja.*
- [5] Csillag G., Sebe K. (2016): *Magyarázó a felszíni földtani és a geomorfológiai térképhez.* – *Geomorfológia fejezet (1.3.18.).* – MÁ/PA2-16-FT-32, Mecsekérc Zrt., Pécs
- [6] Földes T. (2016): *Előzetes prezentáció Pa 21 C, E1 fúrások anyagain elvégzett CT mérések alapján*
- [7] Györi E., Gribovszki, K., Marótiné Kiszely M., Szeidovitz Gy., Tóth L. (GeoRisk Földrengés Mérnöki Iroda Kft.) (2016): *Szeizmotektonikai modell – Földrengés forrásmodellek.* – GR-P2-010/1 (Vol2) ÁKMI Kft. Budapest, 2016. március 30.
- [8] Koroknai B. (ed.) (2016): *3D földtani-tektonikai modell kialakítása.* Kézirat, jelentés, 70 p.
- [9] Kudó I., Horváth F., Wórum G. (2016): *Nagyfelbontású 2D szárazföldi geoelektromos szelvényezés, Jelentés. Paks II telephelyengedélyének megszerzéséhez szükséges földtani kutatás végrehajtása (3.3.6.).* – MÁ/PA2-15-GF-09, Geomega Kft., 34p.
- [10] Magyarai Á., Musitz B., Csontos L., B.Van Vliet Lanoe (2005): *Late Quaternary Neotectonics of Somogy Hills, Hungary (part I): evidences from field observations,* Tectonophysics 410, Special Issue on the Carpatias/Pannonian System, pp. 43–62.
- [11] Máthé Z., Barna I., Konrád Gy., Marsi I., Maros Gy., Síkhegyi F., Tompai Z., Kovács L., Krupa Á., Rátkai O., Somodi G., Zierkelbach-Kovács B. (2015): *Dokumentációs és laboratóriumi vizsgálati program (1.1.3.).* – MÁ/PA2-15-FT-01 V2
- [12] McCalpi, J. P. (2009): *Paleoseismology.* Science, 629 p.
- [13] Molnár M., Veres M. (2016): *Fny07-46. AMS 14C vizsgálati jegyzőkönyv.* (mintaazonosító: I/1373 és 1374 sorozat) 4p.
- [14] Moretti, A.J., Van Loon 2014: Restrictions to the application of ‘diagnostic’ criteria for recognizing ancient seismites Journal of Palaeogeography, 3 (2) (2014), pp. 162–173
- [15] Pirrotta, C., Barbano, M. S., Guarnieri, P., Gerardi, F. (2007): *A new dataset and empirical relationships between magnitude/intensity and epicentral distance for liquefaction in central-eastern Sicily.* – Annals of geophysics, Vol. 50, N. 6. pp. 763–774.
- [16] Rodríguez-Pascua, M.A., Calvo, J.P., De Vicente, G., Gómez-Gras, D. (2000): *Seismites in lacustrine sediments of the Prebetic Zone, SE Spain, and their use as indicators of earthquake magnitudes during the Late Miocene.* – Sedimentary Geology 135 (2000) pp. 117–135.
- [17] Schnell M. (2016): *Paks külterület 088/1 kutatóárok mélyítés (2 m-ig) kivitelezési tervdokumentációjának elkészítése.* Munkaszám: 39/2016.
- [18] Sebe K., Csillag G., Ruzsiczay-Rüdiger Z., Fodor L., Thamó-Bozsó E., Müller P., Braucher R. (2011): *Wind erosion under cold climate: A Pleistocene periglacial mega-*

yardang system in Central Europe (Western Pannonian Basin, Hungary). – Geomorphology 134(3–4): pp. 470–482.

- [19] Sikhegyi, F. (2002): *Active structural evolution of the western and central parts of the Pannonian basin: a geomorphological approach.* Special Publication Series – EGU Stephan Mueller 3, pp. 203-216
- [20] Tóth T. (2016): *Felszíni geofizikai kutatások értékelő jelentése (1.3.10.).* – 2016. Június 16. 109 p.
- [21] Ujházy K., Gábris Gy., Frechen, M. (2003): *Ages of periods of sand movement in Hungary determined through luminescence measurements.* – Quaternary International 111/1, pp. 91–100.
- [22] Wórum G., Biró A., Kádi Z., Koroknai B., Kovács G., Visnovitz F. (2015): *Értékelő jelentés a 3D szeizmikus kutatás eredményeiről (1.3.9.).* – MÁ/PA2-15-SZ/08 V1. 48 p.
- [23] http://oregonstate.edu/instruct/oer/earthquake/10%20chapter%208_color.html