

# Paks2 földtani kutatási program elemzése

2017. DECEMBER 30.

GERNER PÉTER

## Összefoglalás

Jelen elemzés egyrészt **összeveti és értékeli** a Paks2 atomerőmű telephely-engedélyezési folyamatában készült **Telephely Biztonsági Jelentés (TBJ)** tartalmát a 2017 nyaráig nyilvánosságra került paksi **földtani kutatási jelentések adataival és következtetéseivel**. Másrészt az elemzés megvizsgálja a **TBJ és a földtani kutatási program hozzájárulását a telephely földtani alkalmasságának megítéléséhez**, valamint a mérnöki tervezés és a **beruházás lebonyolításához**.

### A TBJ összevetése a részletes kutatási jelentésekkel

A földtani kutatási program keretében elkészült **értékelő dokumentáció egytizede**, a 10.000 oldalnyi jelentésből mintegy **1000 oldal** került 2017 végéig nyilvánosságra és **állt rendelkezésre** ezen elemzés készítéséhez. Ez alapján a TBJ **összevetését** a részletes kutatási jelentésekkel **csak részben lehetett elvégezni**, lényegében az összehasonlítás a kutatási program mintegy 800 oldalas zárójelentésének (KPZ, [pdf](#)) és a TBJ-nek az összevetésére korlátozódott.

A megismert részletes jelentések és a TBJ összevetéséből három **fontos megállapítás** tehető.

- Lényegi, a **kutatás célját érintő információk sikkadtak el**, maradtak ellenőrizetlenül vagy lezáratlanul a kutatás folyamán. Ilyenek az aktív tektonikai jelenségeket jelző terepi és geomorfológiai adatok és megfigyelések, az S-hullám mérés jelentősége, az elvégzett, de a TBJ-ben nem szereplő geodimikai modellezés eredményei, vagy a kutatásban nem elvégzett elemző és szintetizáló tevékenységek, például az utolsó 100.000 év hiányzó tektonikai fejlődéstörténete.
- A TBJ-be átkerült tartalomban helyenként irreleváns, a **kutatás célját tekintve másodlagos részinformációk szerepelnek nagy terjedelemben**, felhígítva a lényegi információkat és eredményeket.
- A TBJ és a kutatási program zárójelentése több helyen **rendkívül szakmai nyelvezettel készült**, lehetetlenné téve a döntéshozók és érdeklődők számára a megértést. Ugyanakkor **számos szakmai döntés oka, számítás és adat nem található meg** ezekben a jelentésekben, ami a számítások megismétlését és ellenőrzését teszi lehetetlenné.

Az a tény, hogy a kutatási program megbízója nem hozza nyilvánosságra a részletes jelentések 90%-át, valamint a releváns információk hiányos közlése jelentősen rontja a kutatások eredményeinek hitelességét és a következtetések ellenőrizhetőségét.

### A kutatási program értékelése

Az elemzés a jelentéseken keresztül egészében is értékelt a TBJ-t és az **földtani kutatási programot** abból a szempontból, hogy az **milyen mértékben és minőségben járult hozzá a telephely földrengésbiztonságának meghatározásához**, illetve a projekt előkészítéséhez.

A programban értékelésem szerint pontosan dokumentált és **nem is képezi szakmai viták tárgyát, hogy mélyszerkezeti törésvonalakhoz** (Kapos-vonal, illetve a kecskeméti földrengések) **kapcsolódó, aktív törésvonal**, a Dunaszentgyörgy–Harta vetőzóna **található a tervezett erőmű helyszíne alatt**.

A paksi telephellyel kapcsolatos vitában a kutatási program ismeretében két kérdés fogalmazható meg:

1. A tervezett telephely alatti **aktív törésvonal lehetővé teszi-e a Paks2 atomerőmű engedélyezését** a nemzetközi és hazai szabályozási környezetben?

2. Az aktív törészóna ismeretében **milyen mérnöki paraméterek** mellett lehet az atomerőművet **földrengésbiztosan** megépíteni?

Az erőmű engedélyezhetőségével kapcsolatos első kérdésben a kutatási dokumentáció alapján azt szűrhető le, hogy a fókuszált és céltudatos kutatás helyett **az elvégzett vizsgálatok számos kérdést nem ellenőriztek**, nem végeztek el fontos elemzéseket, és egyes nyitott kérdésekre nem adtak megnyugtató választ.

- Kimondható, hogy a **kutatás** nem tűzte ki előre célként, és így **nem irányulhatott** a kutatási területen **az aktív vetők „kapabilitásának” vizsgálatára**.
- A földtani kutatás **nem a kritikus földtani időszakra fókuszált**. A megismert dokumentumok szerint a földtani kutatás nem fókuszált sem a szabályozás szerint kritikus utolsó 100.000 évre, sem a földtani fejlődéstörténet utolsó egységének számító 2.5 millió évre, a földtani negyedkorra.
- A részletes jelentésekben rendelkezésre álló **számos indikáció ellenőrzése elmaradt**, illetve a kérdés eldöntésére irányuló számos új vizsgálatot kellett volna még elvégezni.
- Nem történt meg az ismert neotektonikai adatok rendszerbe foglalása és értelmezése, és **nem készült neotektonikai fejlődéstörténet** sem.

A **TBJ fő következtetését**, miszerint a kutatási területen leírt aktív vetők ártalmatlanok, azaz „nem kapabilisek”, és nem képesek egy földrengés esetén felszínig hatoló elmozdulás létrehozására, **a megismert dokumentáció alapján nem lehet teljes körűen alátámasztani**. Így a kutatás után sem tudható megfelelő bizonyossággal, hogy a paksi terület földtani szempontból megfelel-e az atomerőművek engedélyezhetőségét előíró szabályozóknak. Ennek megnyugtató eldöntéséhez az elemzésben leírt **hiányosságok pótlása lenne szükséges**.

A tervezett **atomerőmű földrengésbiztos megtervezéséhez és megépítéséhez** a kutatásban leírt **szeizmotektonikai modellek** és azok alapján meghatározott **talajgyorsulás-értékek ellenőrzésre szorulnak**. A talajgyorsulás-értékek a mérnöki tervezést és a projekt megvalósítási költségeit meghatározó **lényegi paraméterek**.

- A földrengés-veszélyeztetettséget meghatározó talajgyorsulás értékek számítása **két problémás szeizmotektonikai modellre alapul, melyek 95% súllyal szerepelnek** a számításokban.
- Komoly kockázat rejlik ezen kívül abban is, hogy a komplex, számos feltételezést igénylő, a földrengés-veszélyeztetettséget meghatározó számításokat és döntéseket **egy kutatócsoport** végezte, így **számítások megismételhetősége és független nemzetközi auditja kimondottan javasolt**.
- Kiemelendő, hogy az Átlátszó 2017 nyarán készült videóinterjúja szerint a **felszíni talajgyorsulás** 2016-ban lezárt **földtani kutatásban meghatározott értéke** gyakorlatilag **megegyezik** az orosz állammal két évvel korábban, **2014-ben megkötött szerződésbe bekerült értékkel**, vagyis a kutatási program lényegében igazolt egy évvel korábban államközi szerződésbe rögzített lényegi paramétert.

## A vizsgálat céljai és felhasznált dokumentáció

### Célok

A jelen összehasonlító vizsgálatnak **két célja** van.

1. **Telephely Biztonsági Jelentés összevetése a nyilvánosságra került részletes kutatási dokumentációval.**

Az MVM Paks II. Zrt. Paks2 Atomerőmű telephelyengedélyezési eljárásához készült, a földtani kutatásokat összefoglaló Telephely Biztonsági Jelentés összevetése a 2017 nyarán nyilvánosságra került részletes földtani kutatási dokumentációk tartalmával. Azt a kérdést vizsgálom, hogy a részletes kutatási jelentésekben megtalálható, a telephely földrengésbiztonságának megítéléséhez releváns információk megfelelő súllyal és terjedelemben szerepelnek-e a Telephely Biztonsági Jelentés „*Geológia, geofizika, szeizmológia, geotechnika és hidrogeológia*” fejezetében (TBJ, 1. dokumentum, 197 oldal).

2. **A Telephely Biztonsági Jelentés és a kutatási program értékelése**

Telephely Biztonsági Jelentés (TBJ) megítélése abból a szempontból, hogy annak tartalma alapján mennyiben lehet teljes körűen megválaszolni paksi telephely földtani és földrengésbiztonsági alkalmassági kérdéseit, azaz a Telephely Biztonsági Jelentés geológiai fejezete (TBJ) teljes körű-e, és kutatási adatokkal megalapozott következtetéseket von-e le a Paks2 telephely földrengésbiztonságával kapcsolatban.

### Dokumentáció

A felhasznált dokumentáció az alábbi anyagokat foglalja magában.

Az MVM Paks II. Zrt. földtani kutatásokat összefoglaló **Telephely Biztonsági Jelentése:**

1. **TBJ** ([pdf](#)): MVM Paks II. Zrt. Telephely Biztonsági Jelentés 5.2 fejezet Geológia, geofizika, szeizmológia, geotechnika és hidrogeológia (197 oldal)

Az Átlátszón megjelent további dokumentumok a földtani kutatásból, a TBJ hierarchiája szerint:

#### Zárójelentés

2. **KPZ** ([pdf](#)): Földtani Kutatási Program zárójelentése (1.3.25) – MÁ/PA2-16-FT-14 v1, mellékletei és függelékei, 2016. szeptember 20., 785 oldal.

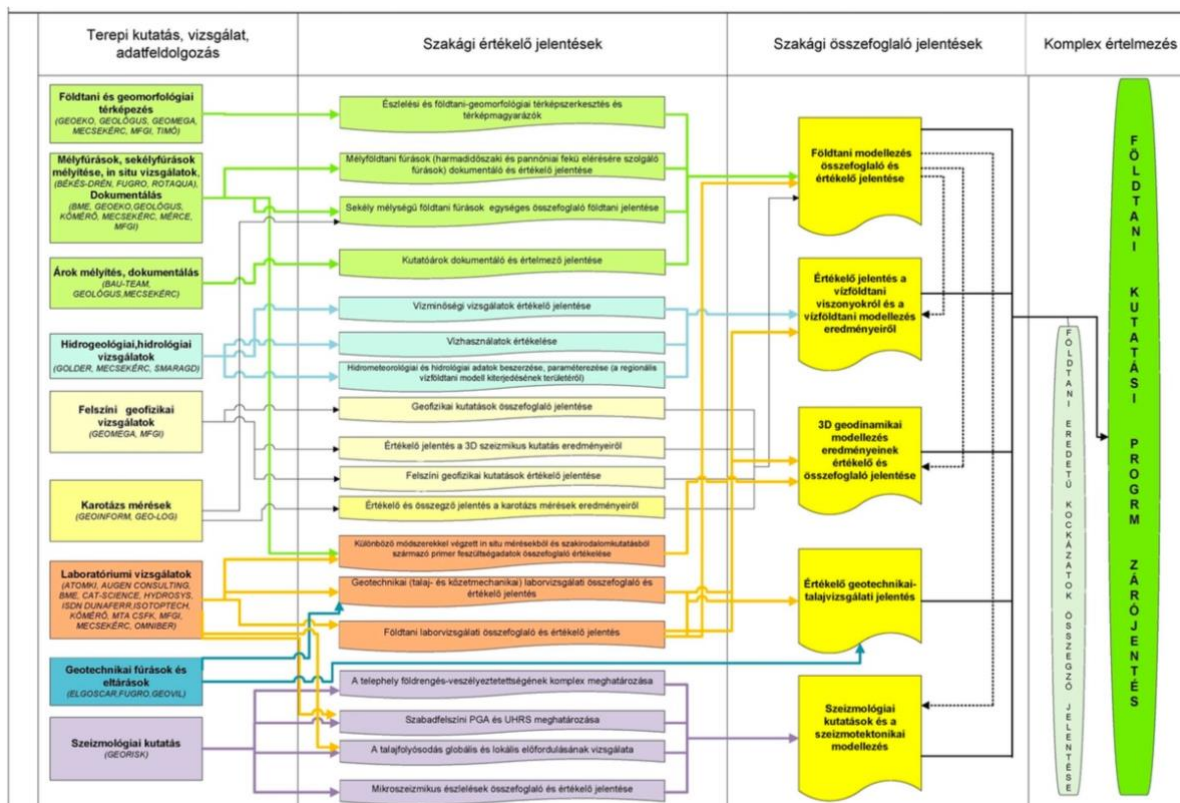
Szakági **értékelő jelentések** (2 db)

3. **FGK** ([pdf](#)): Felszíni geofizikai kutatások értékelő jelentése – MÁ/PA2-16-GF/11 v1
4. **KÁD** ([pdf](#)): Kutatóárkok dokumentáló és értelmező jelentése – MÁ/PA2-16-FT-15 v1, és kutatóárok szelvények (2 db)

Egyéb **tanulmányok**, mérések és jegyzőkönyvek

5. **PSZ** ([pdf](#)): Szeizmotektonikai modell: Paleoszeizmológia – Paleo / Speleo-szeizmológiai vizsgálatok a Paksi Atomerőmű telephely tágabb környezetében – GR-P2-010/1
6. **MAJ** ([pdf](#)): Késő-pleisztocén üledékföldtani, neotektonikai és paleoszeizmológiai megfigyelések Paks tágabb környezetében – MÁ/PA2-16-FT-07 v2
7. **FLJ** ([GDrive](#)): Földtani fúrások laboratóriumi vizsgálati jegyzőkönyvei

Megjegyzendő, hogy az értékelő dokumentációk töredéke, **a 10.000 oldalnyi jelentés mintegy 10%-a** állt a vizsgálatban rendelkezésre.



Az FKP keretében készített, jelentés típusú dokumentációk egy több lépcsős hierarchiába illeszkednek (1. ábra). Ennek legalsó szintjén az egyes terepi kutatási munkák, felvételezések, laboratóriumi vizsgálatok végén készített záródokumentációk állnak. A következő lépcsőfok a különféle szakági értékelő jelentések szintje, melyek szakterületi részfeladatokat foglalnak össze. A hierarchia következő szintjén a szakági összefoglaló jelentések állnak, melyek közvetlen alapját képezik a legfelső szinten található zárójelentésnek.

Dokumentáció típusa	Ismert/összes darabszám	Dokumentációk címe
Komplex értelmezés	1 / 2	<ol style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Földtani Kutatási Program Zárójelentés</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Földtani eredetű kockázatok összesítő jelentése</li> </ol>
Szakági összefoglaló jelentések	0 / 5	<ol style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Földtani modellezés összefoglaló és értékelő jelentése</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Értékelő jelentés a vízföldtani viszonyokról és a vízföldtani modellezés eredményeiről</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> 3D geodinamikai modellezés eredményeinek értékelő és összefoglaló jelentése</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Értékelő geotechnikai-talajvizsgálati jelentés</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Szeizmológiai kutatások és a szeizmotektonikai modellezés</li> </ol>

Dokumentáció típusa	Ismert/összes darabszám	Dokumentációk címe
Szakági értékelő jelentések	2 / 18	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ✓ Észlelési és földtani-geomorfológia térképszerkesztés és térképmagyarázók</li> <li>2. ✗ Mélyföldtani fúrások (harmadidőszaki és pannóniai fekü elérésére szolgáló fúrások) dokumentáló és értékelő jelentése</li> <li>3. ✗ Sekély mélységű földtani fúrások egységes összefoglaló földtani jelentése</li> <li>4. ✓ Kutatóárok dokumentáló és értelmező jelentése</li> <li>5. ✗ Vízhőmérsékleti vizsgálatok értékelő jelentése</li> <li>6. ✗ Vízhatalomok értékelése</li> <li>7. ✗ Hidrometeorológiai és hidrológiai adatok beszerzése, paraméterezése (a regionális vízföldtani modell kiterjedésének területéről)</li> <li>8. ✗ Geofizikai kutatások összefoglaló értékelése</li> <li>9. ✗ Értékelő jelentés a 3D szeizmikus kutatás eredményeiről</li> <li>10. ✓ Felszíni geofizikai kutatások értékelő jelentése</li> <li>11. ✗ Értékelő és összegző jelentés a karotázis mérések eredményeiről</li> <li>12. ✗ Különböző módszerekkel végzett in situ mérésekből és szakirodalomkutatásból származó primer feszültségadatok összefoglaló értékelése</li> <li>13. ✗ Geotechnikai (talaj- és kőzetmechanikai) laborvizsgálatok összefoglaló és értékelő jelentés</li> <li>14. ✗ Földtani laborvizsgálati összefoglaló és értékelő jelentés</li> <li>15. ✗ A telephely földrengés-veszélyeztetettségének komplex meghatározása</li> <li>16. ✗ Szabadfelszíni PGA és UHRS meghatározása</li> <li>17. ✗ A talajfolyósodás globális és lokális előfordulásának vizsgálata</li> <li>18. ✗ Mikroszeizmikus észlelések összefoglaló és értékelő jelentése</li> </ol>

✗: nem ismert

✓: részben ismert

✓: ismert

## Geológia

Az alábbiakban összefoglalom a TBJ geológiára vonatkozó fejezetét, majd részletesen foglalkozom azokkal a témakörökkel, melyek relevánsak a telephely földrengésbiztonsági megítélésében, de a részletes kutatási jelentésekben leírt észrevételek, megjegyzések és kérdések értelmezése véleményem szerint hiányos vagy elmaradt, illetve releváns kérdések maradtak megválaszoltalanul.

### A TBJ 5.1 fejezet összefoglalása

A TBJ 10%-a, 15 oldal szól a geológiáról (13-28. oldal). Ebben a kutatási terület földtani képződményeit ismerteti a kialakulásuk időrendjében az első alfejezet (5.1.1), a második alfejezet valamiért **hiányzik** (5.1.2), végül a földtani fejlődéstörténetet írja le a harmadik alfejezet (5.1.3).

A fejezet a földtani kutatás eredményeiből az alábbi lényegi és új információkat emeli ki:

- Pontosult az alaphegységi aljzat földtani térképe, és komoly (1300m), korábban nem ismert aljzati szintkülönbséget tárt fel két új fúrás Paks környékén.
- A kutatás jelentősen megváltoztatta terület miocén vulkáni tevékenységéről kialakult elképzelést, annak korát 20,5–19 millió év közé mérte, és egy több mint 1200 méter vastagságú vulkáni felépítményt írt.
- A terület pannóniai rétegsorának zöme 3 millió éves időtartamban, 9-6 millió évvel ezelőtt képződött.
- A negyedidőszaki ún. Tengelici Agyag elterjedtségi és vastagsági adatai jelentősen pontosodtak, a formáció a telephely közelében is megtalálható.
- Jól észlelhető üledékhézag, diszkordancia van a negyedidőszaki és a felső-pannóniai képződmények között.

A terület földtani fejlődéstörténetéről a TBJ megerősíti, hogy a Pannon-medence más, süllyedéssel jellemzett egységeihez hasonló folyamat ment végbe.

***Szembetűnő hiányosság, hogy a TBJ geológiai fejezete az általánosságok szintjén marad a legfontosabb időszak, a földtani negyedidőszak, az utolsó 2.5 millió év fejlődéstörténetének leírásában és szintézisében.***

Míg a KPZ egyes fejezeteiben számos megfigyelés, információ és kérdés található erről az időszakról, ezek szintézise és értelmezése elmaradt mind a KPZ, mind a TBJ értelmező részeiben. Hasonlóan elsikkad számos geomorfológiai megfigyelés és információ.

Az alábbi pontokban a kutatási jelentések alapján összefoglalom ezeket a megfigyeléseket és információkat.

### Negyedidőszaki fejlődéstörténet

A vizsgált területen mind a nagy vastagságban és területi lefedettségben megtalálható **folyóvízi üledékek**, mind a **löss** esetében a kutatások jelentős, akár 40-50 méteres **üledékvastagságbeli különbségeket**, illetve helyenként szintén jelentős **üledékhiányt** dokumentálnak. A jelenség magyarázataként a kutatók mindkét esetben negyedidőszaki, sőt 100.000 éven belül történt tektonikus mozgásokat is elképzelhetőnek tartanak.

### Folyóvízi képződmények

A folyóvízi üledékeknél számos helyen dokumentálásra került a kis távolságon belül létező jelentős vastagságkülönbség. A kutatásban, az összegyűjtött adatok és elvégzett új

vizsgálatok ellenére, nem történt előrelépés ezen üledékek fejlődéstörténetének és felhalmozódási körülményeinek szintézisében, valamint a kutatás **nem értékeli a dokumentált holocén/felső-pleisztocén korú tektonikus mozgások mértékét és intenzitását** sem.

---

*Paks, Földespuszta, Vajta térségében vastag folyóvízi homoktestek felszíni feltárásai látszanak, melyek pontos rétegtani helyzete egyelőre nem tisztázott. (KPZ, 325. oldal)*

*Az erőmű környezetében terepszint alatt mintegy 23,0-28,0 m közötti átlagos mélységben van a dunai homokos kavics alatti pannóniai fekvő. Legtöbb helyen ehhez hasonló üledékvastagsági adatok ismeretesek, azonban Akasztó–Császártöltés–Kalocsa térségében 60,0-90,0 m-nél is mélyebben van a képződmény fekvése. (KPZ, 326. oldal)*

*Míg Pakstól északra a meder fenekén fekvő kavicsstakaró akadályozza a folyó bevágódását és szabad kanyarulat fejlesztését, addig Pakstól délre már nincs ilyen akadály, mert a kavicsréteg 10-15 méterrel a mai meder alá süllyedt. A Paks–Mohácsi medence fiatal pleisztocén-holocén süllyedése geológiai, geodéziai és geomorfológiai adatokkal bizonyított. (KPZ, 380. oldal)*

*A Duna üledékei Pakstól Hajós-felé 20-30 m-től közel 100 m-re kivastagszanak. A PAET–22 fúrás rétegsora nem párhuzamosítható sem Hajós, sem Jánoshalma irányába. Ez valószínűsíti a Solti-síkság-Kiskunság határán keresztvező vetők létét. (KPZ, 447. oldal)*

---

Lösz rétegvastagságok értelmezése

A paksi lösz-szelvény felső részének hiányosságait a KPZ egy 35-40 ezer évvel ezelőtti tektonikus mozgással magyarázza, amelyet Paksnál a löszplató jelenlegi peremétől keletre húzódó vetővonal okozhatott. A KPZ fejlődéstörténeti modellje az esemény magyarázatára, tektonikus okának megerősítésére vagy kizárására nem tér ki, pedig annak feltételezett helye és ideje releváns információt jelenthet.

---

*A kimélyülés oka lehet egy ..., 130 ka és 30 ka között bekövetkezett erőteljesebb süllyedés a platótól K-re, vagy a Duna megjelenése. A Duna más szakaszain végzett meghatározások alapján azt feltételezik, hogy a Duna a jelenlegi helyét Paks magasságában csak a pleisztocén legvégén (< 15 ka) foglalta el, így az időszakosan felerősödött tektonikus mozgás vagy mozgások feltételezése tűnik a legkézenfekvőbbnek. (KPZ, 394. oldal)*

*A 35-40 ka környékén bekövetkezett lepusztulás oka lehet, a löszplató peremétől K-re történt tektonikus elmozdulás, mely magyarázható egy hosszabb ÉK-DNy-i csapásirányú vető, és/vagy ahhoz kapcsolódóan egy rövidebb közel É-D csapásirányú vető megújult aktivitásával. (KPZ, 395. oldal)*

---

Aktív tektonikát jelző megfigyelések

A kutatás során a földfelszíni formák vizsgálatával, geomorfológiai módszerekkel, számos helyen írtak le tektonikus meghatározottságú formákat, ahol a kialakulás valószínűsíthető ideje az 10.000 és 100.000 év közé tehető. Ezen megfigyelések igazolása, vagy tektonikus



eredetük kizárása a kutatás lényegi tevékenysége kellett volna legyen, de mindez az eredmények szintéziséből hiányzik.

A tektonikus okokra visszavezetett geomorfológiai megfigyelések fajtái a KPZ szerint a kutatásokban:

1. Tektonikus eredetű felszíni formák
2. Szeizmitik
3. Vízhálózat mintázata
4. Kiemelkedések és süllyedő területek
5. Dombvidékek aszimmetrikus völgyei

Tektonikus eredetű felszíni formák

Tengelic közelében megfigyeltek olyan domborzati formákat, melyek kialakulását tektonikus eredetűnek vélik. A mozgások pontos, negyedidőszakon belüli korának meghatározására, a helyszín részletes vizsgálatára, sekélyfizikai mérésekre, árkolásra a kutatás során nem került sor.

---

*A domborzatot tekintve a morfotektonikai célú vizsgálatok, valamint a földtani térképezés során Tengelic községhatárában kerültek elő olyan formaelemek, amelyek kialakulása jelenleg nem magyarázható egyértelműen külső erővel, azaz jelezhetnek akár fiatal vető aktivitást is.*

*A tengelici szőlőhegy DK-i pereme, sőt délebbre a Fácánkerttől északra húzódó dombperem is ... egybeesik kvarter talpat érintő vetővel. Eszerint ezen peremek kialakulása legalább részben tektonikus, és a karterben aktív, a kitérképezett vető geometria (ÉNy-ra dőlő vetősík) alapján feltolódásos összetevővel is rendelkező vetőkhoz köthető. (KPZ, 467. oldal)*

---

Szeizmitik

Negyedidőszaki, sőt néhány 10-20.000 éve történt földrengésekre, vető aktivitásra utaló üledékszerkezetek, a szeizmitik, nyomait számos helyen (Dunaegyháza, Szedres, Sükösd, Tolnanémedi, ...) leírták a jelentésekben. A leírásokon és kormeghatározásokon túli, pontosabb terepi és műszeres vizsgálatokra nem került sor a kutatásban.

---

*A geomorfológiai és morfotektonikai felvételezés során több felszíni feltárásban lehetett szeizmitiként értelmezhető üledékszerkezeteket megfigyelni (KPZ, 469. oldal)*

*Sükösdön a deformált folyóvízi üledék lumineszcens kora  $15,3 \pm 1,4$  ka és  $16,4 \pm 1,4$  ka közötti (Thamóné Bozsó ex litt.), a szeizmikus esemény ezzel egykorú, esetleg fiatalabb (KPZ, 470. oldal)*

*A tolnanémedi, amúgy is kissé bizonytalanul értelmezhető feltárás kivételével a felsorolt helyszínek szeizmikus szelvényen kitérképezett vetők fölött helyezkednek el (237. ábra). A szeizmitik e vetők fiatal kvarter aktivitására, földrengés-generáló potenciáljára mutatnak. (KPZ, 470. oldal)*

---

#### Vízhálózat mintázata

A vizsgálatok néhány esetben felvetették annak a gyanúját, hogy a völgyekben található vízválasztók kialakulásának tektonikus oka van. A tektonikus eredet kizárása vagy megerősítése a kutatás során nem történt meg.

---

*A vízválasztók gyakran nem gerinceken, hanem völgyekben vagy lapos térszíneken húzódnak (241. ábra), ami felveti a tektonikai behatás gyanúját; ilyeneket láthatunk Alsószentiván vagy Mezőfalva mellett. Hasonló a vízrendszere a tágabb értelemben vett Sárvíz-völgy keleti felének, lapos, jellegtelen völgyi vízválasztókkal Németkér és Sárbogárd mellett. (KPZ, 471. oldal)*

---

#### Eltérő vertikális mozgású területek

Kiemelkedő területek és lefolyástalan mélyedések tektonikailag meghatározott felszíni morfológiát jeleznek, melyek korát a negyedidőszak végéhez teszik a kutatók. Ők **felhívják a figyelmet arra is, hogy a kérdés részletesebb vizsgálatot igényelne**, amely nem történt meg a kutatás során. Felvetődött, hogy a tervezett telephely közvetlen közelében, a Duna iránya tektonikusan meghatározott. Ezt a kérdést is megválaszoltalanul hagyja a kutatás.

---

*A Tolnai-hegyhát néven összefoglalt tájegység nem egységesen emelkedik. A Zombától DK-re húzódó 5-6 km széles sávban a Szekszárdi-dombságig kevésbé tagolt a domborzat (243. ábra, a sáv középvonala pontozott vonallal jelölve). Ez a sáv egybeesik a Bonyhádi-vetőzóna kitérképezett területével [372], azaz a morfológia itt szerkezeti hatásokkal magyarázható és a tárgyalt vetőzóna később-kvarter aktivitását jelzi.*

*Jellegzetes lefolyástalan mélyedések találhatók Dunaföldvár mellett az egyébként eolikus hátak és völgyek rendszere által uralt domborzatban (244. ábra). A ma már csatornázott területen eredetileg tavak voltak. A második katonai felmérés során a nagyobb tavat Sóstó néven rögzítették, ez is a korlátozott vízforgalmat, lefolyástalanságot jelzi. Zárt mélyedések könnyen kialakulnak szélerezési hatására, ám az Algyői Formáció tetőfelszínével [372] összevetve a domborzatot látható, hogy itt tektonikus süllyedésről van szó.*

*A folyó lefutását a vetőmintázattal, valamint az Algyői Formáció tetőtérképével [372] összevetve megtehető néhány észrevétel, noha a kérdés részletesebb vizsgálatot igényelne, hiszen a témáról létező, nem túl nagy számú irodalom (pl. [148]) ellentmondásokkal terhelt.*

*Szinte biztosan a tektonika szabja meg a Duna Madocsa melletti ÉK-DNy-i csapású, mintegy 10 km hosszú egyenes szakaszának helyzetét: ez a szakasz pontosan a Dunaszentgyörgy-Harta-vetőzóna fölött, a virágszerkezetet határoló fővetők között helyezkedik el. Egyértelműnek tűnik a Dunaszentgyörgy melletti 3-4 km-es É-D-i, valamint a Gerjentől kezdődő mintegy 13 km-es, ugyanilyen irányú szakasz tektonikus meghatározottsága, ezek az eredetileg sík Algyői tető mai mélyedéseiben futnak. (KPZ, 474-5. oldal)*

---

## Dombvidékek aszimmetrikus völgyei

A dombvidékek völgyeiben megfigyelhető földtani aszimmetriára sem találunk magyarázatot a kutatásban.

---

*A völgyek relatíve kiemelt, meredek D-DK-i oldalain rendszerint idősebb képződmények (Újfalui Formáció, Tengelici Vörösgyag Formáció rétegei, ill. a Paksi Löss Formáció Idős Lössorozata) tárulnak fel, melyeket markáns csuszamlásos és más lejtőfolyamatok kísérnek. A laposabb, lankás É-ÉNy-i oldalakon általában nyugodt településű fiatal löszképződmények nyomozhatók.*

*A Hegyhát és a Völgység területe erősen aszimmetrikus. Az északnyugati lejtők meredek, rövid, gyakran bevágódó völgyek, vízmosások a jellemzők, míg a délkeleti oldal enyhe lejtőin a vízmosások nem jellemzők, a völgyek jelenleg nem vágódnak be*

---

## Geológiai összefoglalás

Az negyedidőszaki folyóvízi és lösz üledékvastagság-különbségek, valamint számos geomorfológiai megfigyelés (a tektonikus eredetű felszíni formák, a szeizmiték jelenléte 10.000-100.000 éves üledékekben, a völgyi vízváltások tektonikai eredete, a kiemelkedések és süllyedő területek tektonikus kapcsolata, a dombvidékek aszimmetrikus völgyei) mind **negyedidőszakon belüli kéregmozgások** gyanúját veti fel. A fentiek alapján számos **további terepi és műszeres vizsgálatra lett volna szükség** a megfigyelések tektonikus eredetének, annak korának, intenzitásának és ismétlődési valószínűségének megértéséhez.

A KPZ ezzel szemben a földtani fejlődéstörténet vizsgálatát és szintézisét a műszeres geofizikai vizsgálatok és mélyfúrási adatok alapján végezte el, elhanyagolva a geomorfológiai és terepi megfigyeléseket, ezzel elnagyolva az utolsó 2.5 millió év történetének elemzését és fejlődéstörténetét. Nem szintetizálta a földtani fejlődéstörténetbe a geomorfológiai megfigyeléseket, az üledékvastagság változásaiból nem készült koherens negyedidőszaki földtani fejlődéstörténet, és így **nem zárták ki azt a lehetőséget** sem, hogy ezek a **megfigyelések 100.000 éven belül történt, ismétlődő tektonikus mozgásokat jeleznek a telephely környezetében.**

## Geofizika

A Geofizika fejezetben először összefoglalom a TBJ-ben található kutatási eredményeket, majd leírom a véleményem szerint problémát vagy hiányosságot tartalmazó témaköröket: az S-hullám méréseket és a vetők „kapabilitásának” kérdését, végül összefoglalom a fontosabb, geofizikát érintő kérdéseket.

Az elemzésben követem a kutatási program és a jelentések azon logikáját, hogy a geofizika fejezet kitér a földtani fejlődéstörténetre, de geofizika témakörébe nem tartozik bele a szeizmológia és a földrengés-veszélyeztetettség.

### A TBJ 5.2 fejezet összefoglalása

A geofizikai fejezet 38 oldalban a TBJ 20%-t teszi ki. Csak egy (!) alfejezetből áll „5.2.1 A telephely környezetének geofizikai és tektonikai jellemzése” címmel, amely ismerteti a kutatás előtti helyzetet, majd a vizsgálat során született adatokat és eredményeket.

A fontosabb eredmények a TBJ geofizikai fejezete szerint:

- **3D szeizmikus mérés és értelmezés** a telephely 50 kilométeres környezetében, amely alapján terület tektonikai stílusának és eseményeinek történetét írják le a teljes földtörténeti ciklusra. A fejlődéstörténet azonban alig ejt néhány szót a legfontosabb időszakról, az utolsó 2.5 millió évről.
- **Felszínközeli P-hullám reflexiós szeizmikus szelvényezés**, 30 km hosszban, 9 szakaszon, a már ismert vetők jobb megismerésére. Az adatok feldolgozása és értelmezése során több helyen a pannon korú üledéket teljes egészében határoló vetőket azonosítottak, melyek a felszín alatti 40-80 méterig voltak észlelhetők. A fejezet nem szól arról, hogy a vetők folytatódnak-e a pannon üledék felett elhelyezkedő fiatalabb üledékekben is.
- **Szárazföldi elektromos és vízi szeizmikus mérések** eredményei. Az elektromos mérések egy helyen felszínközeli, egy másik helyen felszínig hatoló, „erősen zavart szerkezetű” zónát jeleznek. A vízi szeizmikus mérések a felszín alatti 5-10 méterben, azaz a 10.000 éves holocén üledékekben vetőket nem mutattak ki. Feltártak viszont egy holocén korú, betemetett folyómedret, amelyben földrengés hatására létrejött szerkezetek, szeizmitikák láthatók.
- **Mágneses és magnetolellurikus vizsgálatok** megerősítették, hogy a P-hullám reflexiós szeizmikus mérésekkel kimutatott vetőzónák vertikálisan nagyobb mélységig, 10-20 kilométerig is folytatódnak.
- **Úrgeodéziai mérések** nagyon kicsi függőleges mozgásokat jeleztek, és nem találtak kapcsolatot a tektonikai elemekkel. A nagy szerkezeti egységek közti oldalirányú mozgások mértéke 0,1 mm/évnél kisebb.
- Furcsa módon az **Adatok szintézise és a földtani modell** c. fejezetben található az S-hullám reflexiós mérések eredménye, ahol korábban leírt törések felszínközeli, kvarter korú folytatását is megemlíti a jelentés. A földtani modell részletesen leírja a telephely 60 kilométeres körzetében azonosított vetőzónák lefutását és jellegét. Megjegyzi, hogy **a telephely alatt** és annak déli előterében húzódó Dunaszentgyörgy–Harta vetőzóna a **negyedidőszaki képződmények felszínközeli tartományát is érinthette**.

A fejezet záró mondatai szerint:

---

*A vizsgálatok fontos eredményé, hogy a tektonikai aktivitás korintervalluma is megbízhatóan ismertté vált. Az S-hullám szeizmikus szelvények alapján a negyedidőszaki üledékekben kijelölhető szerkezeti indikációk speciális sekélyfúrásokkal, valamint árkolással kerültek kimutatásra, s eszerint **felszín közeli, aktív tektonikával kell számolni** a szélesebb kutatási területen. Az aktív tektonika lehetőségét a szeizmológiai analízis és a szeizmikus forrásmodellek is alátámasztják. (TBJ, 60-61. oldal)*

*Mindezek mellett bizonyítást nyert az is **az árkolások eredményei alapján**, hogy a negyedidőszaki üledékekben megjelenő virágszerkezetek **nem hoznak létre szignifikáns felszíni elmozdulást**. Általános tapasztalat, hogy a kis-közepes ( $M_w < 6$ ) földrengésekhez kapcsolódó szakadási síkok nem érik el a földfelszín, vagy a felszín irányában a deformáció elenyészik. A magyarországi viszonyok között a földrengések átlagos fészekmélysége 8-10 km. A komplex vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy **a kutatási területen százezer éves időskálán bekövetkező szeizmikus események nem képesek a felszín szignifikáns elvetésére, azaz a törési síkok nem tekinthetők kapabilisnek**. A felszín szignifikáns elmozdulás-mentességét bizonyítják az ürgeodéziai vizsgálatok eredményei, valamint az a körülmény is, hogy a részletes földtani és geomorfológiai térképezés sem azonosított tektonikus eredetű felszíni deformációkat. (TBJ, 63. oldal)*

---

### S-hullám mérések

Az S-hullámreflexió mérések a kutatás szerint az egyik leghatékonyabb módszer a felszíni és felszínközeli aktív vetőzónák meghatározásában.

Fontos, hogy ez a kis költségű szeizmikus mérési **módszer alkalmas** olyan **vetőzónák felszínközeli aktivitásának megítélésére**, amelyeket más mérésekkel (például mélységi szeizmika) nagyobb mélységben a kutatás már meghatározott. Az S-hullám mérések jelentősége abban áll, hogy **alkalmas néhány deciméteres elmozdulások (elvetődések) mérésére** is, és nagy pontossággal kijelöli azon helyeket, ahol ezek az elmozdulások **árkolással közvetlenül szemrevételezhetők**.

Ugyanakkor a kutatás során S-hullám mérést **csak egy helyszínen végeztek**, ahol olyan felszínközeli töréseket lehetett igazolni, amelyek elmozdulása a deciméteres nagyságrendben van. Ezek az elmozdulások a kutatási jelentés (KPZ) szerzői szerint is „kapabilis” vetőnek tekinthetők.

A kutatás komoly hiányossága, hogy a geomorfológiai vizsgálatok eredményei által jelzett, akár néhány 100.000 éves tektonikus események helyszínein **nem készültek további S-hullám mérések**, a kutatás során a geomorfológiai megfigyeléseket ezzel a kézenfekvő módszerrel meg sem kísérelték validálni.

Kiterjedt és tervszerű mérések esetén a kutatás fő célját tekintve az S-hullám reflexió mérése **az egyik leghatékonyabb mérési módszer lehetett volna**.

### Vetők kapabilitása

A kutatás fő célját érintő releváns kérdés a vetők „kapabilitása” és annak kutatási és mérési lehetőségei, a megismerhetőség korlátai és határai.

Fontos megjegyezni, hogy a **vető-kapabilitás fogalma a geofizikában és a földtanban** nem definiált és **nem ismert szakmai kifejezés** (terminus technicus), hanem az atomerőművek földrengésbiztonsági vizsgálatánál használt mérnöki és erőműbiztonsági fogalom. Ennek

fényében a földtani kutatási program célkitűzéseiben szükséges lett volna ennek a kifejezésnek előzetes és pontos definíciója a földtani kutatás céljaira, a lehetséges kutatási és mérési módszerek kiválasztása és értékelése, valamint a kutatás céljainak ennek megfelelő pontos leírása.

A megismert dokumentumaiban **nem szerepel a kifejezés definíciója vagy magyarázata**, így kutatók számára nem lehettek ismertek annak pontos földtani vagy geofizikai paraméterei, sem az alkalmas mérési módszerek a kutatások során.

A fentiek következménye, hogy a részletes kutatási jelentésekben nem szerepel a kifejezés, nem található annak nyoma, hogy mely vizsgálatok irányultak a vetőkapabilitás vizsgálatára, és nem világos, hogy azok milyen eredménnyel zárultak. Az olvasottak alapján joggal feltételezhető, hogy **a kutatási program nem irányult a vetők „kapabilitásának” vizsgálatára**, ennek megfelelően az nem hoztatott releváns információt a kutatási terület „vetőkapabilitási” megítéléséhez.

Összegezve, a törési síkok kapabilitási vizsgálata nem szerepelt a kutatás célkitűzései között, sem a részletes kutatási jelentésekben. Ennek ellenére, a TBJ következtetése az erőmű földrengésbiztonságára jelentős részben erre a kifejezésre alapul, és így ennek a **következtetésnek a kutatás általi megalapozottsága megkérdőjelezhető.**

#### Geofizikai összefoglalás

A TBJ Geofizika fejezetével kapcsolatban több kérdésben lehet kritikát megfogalmazni.

Az egyik legfontosabb, hogy az **S-hullám mérések** fontossága és eredményeinek **jelentősége elsikkad** a jelentésben, pedig ez az egyik leghatékonyabb módszer a felszíni és felszínközeli aktív vetőzónák meghatározásában. Kiterjedt és tervszerű mérések esetén a kutatás fő célját tekintve az S-hullám reflexiók mérése az egyik leghatékonyabb mérési módszer lehetett volna. A kutatás során egy helyen elvégzett S-hullám mérés olyan felszínközeli töréseket mutatott ki, amelyek elmozdulása a deciméteres nagyságrendben van, és „kapabilis” vetőknek tekinthetők.

Lényegi kritika, hogy a kutatás során lényegi, az erőmű földrengésbiztonságát meghatározó **„vetőkapabilitás”** fogalom maradt definíció nélkül. A törési síkok kapabilitásának vizsgálata **nem szerepel a kutatás célkitűzései között**, sem a részletes kutatási jelentésekben nem található ilyen irányú vizsgálatoknak nyoma. Ennek ellenére, a TBJ következtetése az erőmű földrengésbiztonságára jelentős részben a vetőkapabilitásra alapul, és így ennek a következtetésnek **nem látszik a megalapozottsága.**

Végül megjegyzendő, hogy ellentmondás található a geofizikai összefoglaló és a földtani, geomorfológiai megfigyelések között. Míg ez utóbbiak egyértelműen **jelzik a felszíni elmozdulást okozó folyamatokat**, a geofizikai fejezet **következtetése az, hogy nem voltak 100.000 éven belül felszíni elmozdulást okozó tektonikai folyamatok.** Ezeket az ellentmondásokat a TBJ úgy oldja fel, hogy nem vesz tudomást a felszíni elmozdulásokat jelző geomorfológiai és földtani megfigyelésekről.

## Szeizmológia

A Szeizmológia fejezetben először összefoglalom a TBJ-ben található kutatási eredményeket, majd leírom a véleményem szerint problémát vagy hiányosságot tartalmazó témaköröket: a számításokban felhasznált szeizmotektonikai modellek kritikáját, és a talajgyorsulás értékeinek meghatározásával kapcsolatos kérdéseket és bírálatokat. Végül összefoglalom a fontosabb, szeizmológiai kérdéseket és javaslatokat.

E fejezetben is követem a kutatási program és a jelentések azon logikáját, hogy szeizmológiát a geofizikától külön fejezetben tárgyalják.

### A TBJ 5.3 fejezet összefoglalása

A szeizmológiáról szóló fejezet a TBJ-ben jelentős terjedelemben, 50 oldalon jelenik meg, így a TBJ negyedét teszi ki. Ezen belül a telephely környezetének földrengésadataival foglalkozik a „Telephely szeizmicitása” c. 5.3.1 fejezet. A földrengés-veszélyeztettséget leíró 5.3.2 fejezet valószínűségi számítási módszerrel levezeti a telephely földrengés-veszélyeztetettségét, valamint a tervezéshez szükséges gyorsulásértékeket is. Az 5.3.3. fejezet foglalkozik a talajfolyósodással, majd az 5.3.4. fejezet az erőmű körül működő mikroszeizmikus tevékenységet értékeli.

Összességében a fejezet nagyon heterogén részekből áll. Számos fejezete kimondottan szakmai részleteket tartalmaz, ezek megértése a döntéshozók számára erősen kérdéses.

A **fontosabb eredmények** a TBJ szeizmológiai fejezete szerint:

- A telephely szeizmicitását leíró fejezet (5.3.1) korrekten összefoglalja a Pannon-medencére vonatkozó tudományos ismereteket. Megállapítja, hogy a jelenkori **szeizmicitás nagy része ismert tektonikai zónákhoz köthető**. Megadja a földrengések területre jellemző időbeli gyakoriságát és területi sűrűséget a földrengések magnitúdójának függvényében.
- Az 5.3.2. fejezet a földrengés-veszélyeztettséget meghatározó eljárást és a felhasznált adatokat és módszereket írja le, és elvégzi a valószínűségi számításokon alapuló földrengésveszély-elemzést.
  - A szeizmikusan kevésbé és közepesen aktív, diffúz szeizmicitású területek földrengésveszély meghatározását szolgáló valószínűségi számítási eljárás leírása, amely alapja az egyes forrásonkénti földrengés aktivitásának statisztikus jellemzői. A számítási paraméterek bizonytalanságait logikai fával kezelik.
  - Modellezés bemenő adatai: leírja a számításokhoz szükséges input adatokat, a földrengések katalógusát, a szeizmikus forrásmodelleket, a maximális magnitúdót, a csillapodási összefüggéseket, valamint a valószínűségi számításhoz használt logikai fát és az ágak súlyozását.
  - A számítások eredménye az alapközeten: ilyen a veszélyeztetettségi görbe, mely a különböző mértékű talajmozgás éves meghaladási gyakoriságát adja meg. Az eredmények szerint az alapközeti gyorsulás (PGA) várható értéke az alapközeten 0,49 g, 100.000 éves gyakoriság mellett.
  - Végül a felszínre vetített veszélyeztetettséget írják le a terület geotechnikai felépítését figyelembe véve. Ennek egyik eredménye a 100.000 éves gyakorisági szintnek megfelelő biztonsági földrengés átlagos PGA értéke a felszínen, amely 0,34 g.
- Az 5.3.3. fejezet a talajfolyósodással kapcsolatos kockázatokat foglalja össze és értékeli. A kockázatok között kiemeli, hogy telephely alatt elhelyezkedő folyóvízi

terasz anyagában **földrengés hatására megfolyósodásra hajlamos**, homokos üledékek találhatóak. A fejezet összefoglalója alapján **több helyen is számolni kell** nagyobb vastagságban történő megfolyósodással, amelyek elsősorban az öntéshomokban jelentkezhetnek.

- Végül az 5.3.4. fejezet a telephely mikroszeizmikus monitorozását és az eredményeket ismerteti. Az 1995 óta mért 2000 földrengés nagy része ismert forráshoz köthető, de nem kapcsolható ismert törésvonalakhoz. Paks környezetében minden 1.5 magnitúdónál nagyobb rengést észleltek, így a földtani szerkezetek **aktivitása egyre növekvő valószínűséggel zárható ki**. A vizsgált terület egészére nem jelölhető ki egyetlen jellemző feszültségtér-jelleg, mindhárom vetőtípus (normálvető, harántvető, feltolódás) előfordul. A mérések következtében lényegesen megbízhatóbbá vált a földrengések gyakoriságára vonatkozó összefüggés, amely a veszélyeztetettségi számítások egyik fontos bemenő adata.

#### A szeizmotektonikai modellek kritikája

A szeizmotektonikai modell a földrengés-veszélyeztetettségi számítások legfontosabb bemenő adatát jelenti.

---

*A valószínűségi földrengésveszély számításához a terület környezetében forráshozakat (forrásterületek) és szeizmikus vetőzónákat kell kijelölni. E forrásterületek határainak megállapításánál az elsődleges információ a múltbeli szeizmicitás, de nyilván figyelembe kell venni tektonikai, geomorfológiai megfontolásokat is. Lényegében e szeizmotektonikai, vagy szeizmikus forrásmodellek szintetizálják az összes geológiai és geofizikai ismeretet a jövőbeli földrengések helyéről és gyakoriságáról alkotott prognózisban. (KPZ, 738. oldal)*

---

A TBJ-ben alkalmazott forrásmodellekkel kapcsolatban két fontos kritika fogalmazható meg.

1. **Elavult és pontatlan forrásmodellek túlsúlyozása a számításokban:** az egyik alkalmazott modell egy 20 éves, azóta meghaladott elképzelést tükröz, mai ismereteink szerint nincs földtani ok a modell használatára. A másik modellben rosszak, nem felelnek meg a kutatásban leírt ismereteknek a kutatási terület környéki zónák határai. Mégis, a két problémás modell együtt 95% súllyal szerepel a számításokban.
2. **Csak területi források használata:** a TBJ-ben használt számításokban nem jelöltek ki szeizmikusan aktív vetőzónákat, csak területi földrengés forrásokat. Ez az eljárás ellentétes a regionális földtani ismeretekkel, valamint a kutatási jelentések megállapításaival, amelyekben aktív vetőzónákat mutattak ki.

A TBJ nem hívja fel a döntéshozók figyelmét arra, hogy a talajgyorsulási számítások javarészt elavult vagy szakmailag problémás szeizmotektonikai modellekre alapulnak.

#### Elavult forrásmodellek túlsúlyozása

A TBJ összesen három szeizmotektonikai modellt használ, amiből kettővel (M1, SHARE) szemben komoly fenntartások és problémák találhatóak a KPZ-ben. Ennek ellenére ez a két problémás modell összesen 95% súllyal szerepel a döntési fában, vagyis a **földrengés-veszélyeztetettséget meghatározó eljárás problémás szeizmotektonikai modellekre alapul**.



---

*Az M1 modell 20 forrászónát tartalmaz (71. ábra), melyeket egy ún. háttér szeizmicitást leíró zóna egészít ki. E modell alkalmazását indokolja, hogy az elmúlt húsz évben minden magyarországi veszélyeztetettség számítás e modell valamelyik alternatíváját használta. (KPZ, 202. oldal)*

*A SHARE-MOD jelzésű forrásmodell a SHARE modell néhány zónájának módosításával jött létre. Lényegében a medence területét lefedő eredeti zone04 két részre lett osztva, így módon a zónák jobban tükrözik az ÉK – DNY-i irányítottságot, a zónák geometriája jobban illeszkedik az ún. közép-magyarországi vonalhoz. (KPZ, 210. oldal)*

---

A fenti idézetek alapján nyilvánvaló, hogy az **M1 modell használatának nincs a kutatás eredményeiből levezethető** földtani vagy szeizmotektonikai oka, egyedül az eredményeknek a korábbi számításokhoz való közelítése, egyfajta folytonosság fenntartása indokolja az M1 modell használatát. A modell hiányossága továbbá, hogy kizárólag csak szeizmicitási adatokon alapul, nem veszi figyelembe a tektonikai ismereteket.

---

*A szakértői egyeztetések során konszenzus alakult ki abban, hogy legjobban az S0 modell reprezentálja az adott szeizmotektonikai helyzetet, legnagyobb valószínűséget (50%) e modell kapott. Ugyanakkor az S1 modell a medence délnyugati peremén tapasztalható magas szeizmicitást a medence belsejébe transzponálja, melyet – bár ez összhangban van a regionális tektonikai elképzelésekkel – az észlelt földrengések eloszlása nem támaszt alá. Ezért az S1 modell lehetőségét fenntartva a hozzárendelt súlytényező viszonylag alacsony (5%). (TBJ, 87. oldal)*

---

Szintén a fenti idézetekből látszik, hogy a KPZ szerzői is tisztában voltak azzal, hogy a **SHARE modell nem írja le a kutatott terület földtani és tektonikai felépítését**. Ezt bizonyítja, hogy a szerzők létre is hozták a SHARE pontosabb, módosított változatát, a SHARE-MOD modellt, amely viszont csak 5%-kal szerepel a földrengés-veszélyeztetettség számítások döntési fájában.

Csak területi földrengés források használata

Mindhárom szeizmotektonikai modell csak területi forrásokat használ a földrengések előfordulási gyakoriságának leírására, mivel a fejezet szerzői szerint olyan aktív tektonikai szerkezet nem ismert a területen, melyhez megfelelő számú földrengés adatot lehetne rendelni.

---

*A SHARE-MOD modell is kizárólag területi forrásokat tartalmaz, mivel olyan aktív tektonikai szerkezet nem ismert ezen a területen, melyhez megfelelő számú földrengés adatot lehetne asszociálni. (KPZ, 211. oldal)*

*A modell kizárólag területi forrásokat tartalmaz, mivel olyan aktív tektonikai szerkezet nem ismert ezen a területen, melyhez megfelelő számú földrengés adatot lehetne asszociálni. (KPZ, 740. oldal)*

---

A csak területi források használata megkérdőjelezhető annak fényében, hogy a jelentés más fejezetei leírják, hogy a megismert és mért szeizmicitás nagy része ismert tektonikai zónákhoz köthető, valamint a paksi mikroszeizmikus hálózat az utóbbi 20 évben közel 2000 földrengést regisztrált már nagy pontossággal.

Szintén alátámasztja az aktív tektonikai zónák használatának lehetőségét és fontosságát, hogy a geofizikai vizsgálatok, különösen a kutatásban felépített 3D földtani modell nagy pontossággal meghatározza számos vetőzóna lefutását.

### Talajgyorsulás számítások

A földrengések által okozott rombolást a rengés hatására fellépő talajmozgások, pontosabban a talaj gyorsulása okozza. Ez a gyorsulás ugyanaz a fizikai mértékegység, mint a gravitációból ismert gyorsulási állandó, a  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ . Érzékeltetésül, már egy  $0,01 \text{ m/s}^2$  méretű talajgyorsulást megérzünk,  $0,2 \text{ m/s}^2$ -nál elveszítjük az egyensúlyunkat, és jól megtervezett, erős épületek a  $0,5 \text{ g}$  gyorsulást csak rövid ideig tartó rengéseknél bírják ki.

A felszínre számított talajgyorsulási értékek azok, amely ismeretében a tervezést végző mérnökök az épületek és a gépészeti berendezések földrengésállóságát meg tudják tervezni és építeni. Ennél fogva ez a paraméter közvetlenül és rendkívüli mértékben meghatározza az erőmű földrengésbiztonságát, a beruházás költségét és az építkezés időigényét. A talajgyorsulási értékek ismerete, megbízhatósága és pontos meghatározása a kutatási program legfontosabb eredménye.

Egy földrengés által előidézett felszíni talajgyorsulás értéke a földrengés kipattanási helyén, az alapkőzetben kiszámított értékből vezethető le, a kipattanás helyétől mért távolság, a földrengés elmozdulási mechanizmusa, a rengés magnitúdója és a telephely geológiai jellegzetességei ismeretében. Ezeket az összefüggéseket nevezik csillapodási egyenleteknek, amelyek egy-egy területre tapasztalati úton felállított csillapodási görbéknek jelentenek.

A TBJ-ben olvasható eredmények szerint a pannon korú alapkőzetben, azaz a földrengés kipattanási helyén  $0,49 \text{ g}$ , míg a felszínen  $0,34 \text{ g}$  talajgyorsulásra kell felkészülni.

---

*a PGA a felszínen a hiszterézises csillapítás és pórusnyomás növekedés miatt lecsökkent*

*a magasabb frekvenciákat a rétegsor már csillapítja, nagyítás csak az ennél hosszabb periódusoknál figyelhető meg*

---

Azonban a kutatás nem ad választ arra, hogy pontosan miért, **milyen összefüggések és csillapodási paraméterek miatt kisebb ezen a puha, laza üledéken** (mint amilyen az erőmű tervezett helyén 30 méter vastagságban található dunai ártéri homok és kavics) **a felszínre számított talajgyorsulás értéke az alapkőzeti gyorsulásnál?** Jellemzően a felszíni laza üledékek a többszörösére felerősítik, és nem legyengítik az alapkőzetre számított talajgyorsulást. Előfordulhatnak olyan földtani szerkezetek és paraméterek, ahol a felszíni talajgyorsulás valóban kisebb az alapkőzeti gyorsulásnál, azonban ezek inkább kivételnek tekinthetők az alapszabálytól, így **e modellek és paraméterek dokumentáltsága és ellenőrizhetősége kiemelten fontos és szükséges lenne.**

A fentiek fényében kiemelendő, hogy az Átlátszó 2017 nyarán készült videóinterjúja szerint a felszíni talajgyorsulásnak a 2016-ban lezárult kutatásban meghatározott értéke ( $0,34 \text{ g}$ ) egy századra tér el, azaz gyakorlatilag megegyezik a kutatás lezárulta előtt már két évvel az orosz

állammal kötött szerződésbe foglalt értékkel (0,33 g), amely a projekt műszaki tartalmát, költségét és ütemtervét alapvetően meghatározza.

### Számítások független ellenőrzése

A talajgyorsulások számítása komplex és sok lépésből álló, számos feltételezést igénylő, a földrengés-veszélyeztetettséget meghatározó eljárás. A TBJ négy csillapodási egyenletet használ, melyek a három, korábban említett szeizmotektonikus modell mellett a számításokban használt logikai fa részei, amely összesen 144 ágból áll. Számos feltételezés, közelítés és döntés szükséges a számítások elvégzéséhez.

Komoly kockázat rejlik abban, hogy a 5.3.2 fejezet a szerzők szándéka ellenére is logikai hibát rejthet, melyet a szerzők a legnagyobb odafigyelés mellett sem vettek észre. A kutatás ezen részéhez rendkívül kevés szakértő ért Magyarországon, így **a számítások megismétlése, független nemzetközi auditja kimondottan javasolt**, hiszen ez a rész a földrengés-veszélyeztetettségi számítások legfontosabb eredményét jelenti.

---

*Három lehetséges forrásmodell, négy alternatív földrengés gyakoriság, három lehetséges mélység eloszlás és négy csillapodási egyenlet alapján adódik az összesen 144 ágat eredményező logikai fa.*

*A logikai fa ágainak súlytényezői többfordulós szakértői egyeztetések és érzékenységi vizsgálatok alapján lettek meghatározva és többszöri iteráció után véglegesítve.*

---

Szintén kritikai észrevétel, hogy számos fontos döntési pont rosszul vagy alig dokumentált, az iteráció lépései, a döntési szempontok nem nyilvánosak és nem követhetők a kutatás dokumentációjából.

### A szeizmológiai kérdések és javaslatok összefoglalása

Az egyik legfontosabb fejezetben számos kérdés és kritika fogalmazható meg.

**Elavult** és a kutatás más fejezeteivel is ellentmondásban lévő **szeizmotektonikai modell szerepel magas súlyozással** a számításokban. A súlyozás és a **döntési pontok** szempontjai **nem dokumentáltak** és nem követhek. Javasolt új modell kidolgozása és a döntések és súlyozás szempontjainak kialakítása és vitája.

A **számított talajgyorsulás értéke** gyakorlatilag **megegyezik** a kutatások előtt **évekkel korábban szerződésbe foglalt értékkel**, valamint néhány fontos döntési pont a modellszámítások során nem érthető és nem dokumentált.

Megjegyzendő, hogy a TBJ-ben olvasható szöveg rendkívül szakmai megfogalmazású, nem mérnökszeizmológiával fogalalkozó döntéshozó számára nem követhető és nem megérthető.

A fentiek alapján javasolt a **számítások megismétlése és a szerzőktől független nemzetközi auditja, kizárva bármilyen hiba vagy ellentmondás lehetőségét a számításokban**, hiszen ez a rész a földrengés-veszélyeztetettségi számítások legfontosabb eredményét jelenti.

## TBJ értékelő fejezeteinek elemzése

### Telephely alkalmasság értékelése (TBJ 5.6 fejezet)

A fejezet a TBJ-ben 20 pontban foglalja össze a kutatás megállapításait. Lényegi kritikát ezek közül az alábbi pontokkal kapcsolatban fogalmazok meg.

---

*A földtani-geomorfológiai térképezés eredményeként megállapítható, hogy a felszínen nem láthatók fiatal szerkezeti elmozdulások nyomai.*

---

A fent idézett mondat és az őt tartalmazó 2. pont nem tesz említést arról, hogy a felszín alatt 1-2 méterre, árkolással elérhető módon, már fiatal szerkezeti elmozdulások találhatók. Ide tartozó kritika, hogy a döntéshozók felé nem jelenik meg az az információ sem, hogy a paksi területen a **felszínt borító nagyon fiatal** dunai hordalékok és **futóhomok miatt nem is volt várható** a felszínen közvetlenül megjelenő törés, hanem a felszín alá kellett volna 1-2 méter mélységben „benézni”. Szintén nem jelenik meg az az információ, hogy **számos gyanús**, 100.000 éven belüli tektonikus mozgást valószínűsítő **helyszínen** egyszerűen **nem történt ellenőrző vizsgálat**.

---

*Új, jelentős elterjedésű és vastagságú kifejlődését tárták fel a dél-dunántúli miocén vulkanitoknak, amellyel a medencefejlődés korai időszakában lezajlott intenzív szerkezeti mozgások jellegéről új információkat kaptunk.*

---

A fenti idézet (3. pont) tipikus példája annak az információnak, amely a **kutatás céljához** (telephely-alkalmasság) **nem releváns**, de kitöltik vele a helyet a jelentésben, és gyaníthatóan elvették vele a kutatásban az időt és a pénzt más, jóval relevánsabb vizsgálatok elől.

---

*...definiálni lehetett az 50 km-es körzetben található vetős szerkezeteket, különös pontossággal a tervezett telephely alatt húzódó, és a Kapos-vonalból kiágazó Dunaszentgyörgy-Harta (DH) vetőt.*

---

A 4. pont a kutatás egyik fontos eredményét jelenti: **a tervezett telephely alatt** az egyik magyarországi **fő törésvonalhoz kapcsolódó** vető van. A fejezetből azonban kimaradt, hogy ez a vető földtani értelemben aktív. Megjegyzendő, hogy a tervezett telephely alatt lévő, egy aktív regionális töréshez kapcsolódó vetőzóna a NAÜ ellenőreinek a figyelmét is kiérdemli.

---

*A neotektonikus aktivitás mintegy 7–8 millió éve megkezdődött, és az utóbbi 5 millió év (pliocén-kvarter) során kulminálódott. A nagyfelbontású sekélygeofizikai vizsgálatok, a speciális fúrások (Pa 21 A-G4) és az árkolások alapján egyértelmű, hogy a DH vetőt aktív szerkezetnek kell tekinteni.*

---

A kutatás súlyos hiányossága, hogy **nem törekedett** az 5. pontból vett idézetben behatárolt földtani időszakon, az utóbbi 5 millió éven belüli **tektonikus folyamatok pontos leírására**, sem a terepi és mérési adatok rendszerezésére és szintézisére. Hiányzik a kutatásból a tektonikus mozgások pontos időrendjének meghatározása és korrelációja, a neotektonikus folyamatok értelmezése ebben az időszakban.

---

*a (kecskeméti aktív) terület szerkezeti kapcsolatban áll a DH vetővel*

---

A 6. pontban foglaltakhoz számos kritika fűzhető, azonban a legfontosabb megállapítása, hogy **a telephely alatti aktív vetőzóna, a Dunaszentgyörgy-Harta vető szerkezeti kapcsolatban van a Kecskemét környéki, a múlt század elején jelentős földrengéseket okozó zónával** is. Szintén egy, a NAÜ ellenőreinek a figyelmébe tartozó kutatási eredmény. Ez a pont tartalmazza az alapkőzetre és a felszínre számított várható gyorsulás értékeket is, az erőmű tervezéséhez. A kutatás hiányossága, hogy nem világos, hogy **miért kisebb a felszínre számított gyorsulás értéke** az alapkőzeti gyorsuláshoz viszonyítva, mert laza kavicsos talajon fő szabályként a talajgyorsulás felerősödése lenne várható.

---

*A tapasztalatok azt mutatják, hogy  $M_w \leq 6$  esetén egy 8-12 km mélyben keletkező földrengés nem tud felszínig hatoló szakadási síkot generálni. Ez azt jelenti, hogy a vetőtevékenység aktív minősítése összhangban van a szeizmológiai veszélyeztetettség analízis eredményével, de egyúttal arra is mutat, hogy elhanyagolható a veszélye felszínig hatoló törési síkok kialakulásának.*

---

Különös és furcsa egy kutatási program jelentésében, hogy **általános tapasztalatokra hivatkozik konkrét mérések és elemzések helyett** (6. pont), különösen akkor, ha erre a tapasztalatra alapul a jelentés fő következtetése.

---

*Geodinamikai modellezések azt mutatják, hogy a Kapos-vonal, a Bonyhádi-medencéhez kapcsolódó törésrendszer, valamint a DH vető tektonikai stabilitása alacsony ebben a feszültségtérben, különösen akkor, ha a vetők zúzott zónájában folyadékáramlás van. ... A „puha” vetők az aktivitás kedvező körülményeit teremtik meg, azonban nem tesznek lehetővé nagy feszültségakkumulációt.*

---

A kutatás fontos megállapítása lehet a 9. pont fenti idézete, azonban a **TBJ egyik fejezete sem ismerteti a geodinamikai modellezést**, nem ismerjük annak paramétereit, keretfeltételeit sem. Szükséges lehet e vizsgálatok független megismérlése és ellenőrzése.

---

*Vannak a helyszínen a talajvízszint alatt olyan üledékek, elsősorban az öntéshomok rétegben, melyek földrengés hatására képesek megfolyósodni.*

---

Végül a 11. pontban a földrengés által okozott talajfolyósodás jelenségére hívjuk fel a figyelmet. A talajfolyósodási körülmények fennállása erősíti azon kételyünket, hogy felszínre

számított talajgyorsulásról megalapozottan állítható lenne, hogy az kisebb az alapkőzeti gyorsulásnál.

---

*A Földtani Kutatási Program fentiekben összefoglalt eredményei és az elvégzett vizsgálatok a maguk teljességében és összefüggéseiben kellő alapot szolgáltatnak a telephely alkalmasságának megítéléséhez, a tervezési alap meghatározásához és a biztonsági elemzések elvégzéséhez.*

*Megállapítható, hogy a Földtani Kutatási Program betöltötte szerepét. (TBJ 188. oldal)*

---

Érdekességként jegyzem meg, hogy a **TBJ szerzői sem állítják, hogy a telephely földrengésbiztos lenne**, hanem csak annyit, hogy a kutatás alapul szolgál a tervezés elvégzéséhez.

Javaslat monitorozásra (TBJ 5.7 fejezet)

Néhány soros fejezet, a folyamatban lévő geotechnikai, hidrogeológiai, szeizmikus és kéregmozgások monitorozásának folytatását javasolja, kiegészítve az eddig nem végzett olyan szeizmikus mérésekkel, amelyeket fúrólukokban, és nem a felszínen fognak végezni.

Földtani adatok mérnöki tervezéshez (TBJ 5.8 fejezet)

A „A tervezés során és a biztonsági elemzésekben figyelembe veendő földtani adatok” c. fejezet alfejezetei a címmel ellentétben a **kutatás során feltárt kockázatokat és veszélyeket foglalják össze**, azokat szeizmológia, vetőaktivitás, geotechnika és hidrogeológia szerint tagolva.

Ez lenne az a fejezet, ahol a kutatás során a feltárt kockázatokat, a kutatási módszerek hibáiból és vakfoltjaiból adódó bizonytalanságokat, és a **kutatás után is nyitva maradt kérdéseket fel kellett volna sorolni**. Ezekből néhány, TBJ-ben nem megnevezett probléma felsorolását a jelen elemzésben megtettem.

A szeizmológiai alfejezet gyakorlatilag a számítási eredményeket ismétli meg, de nem hozzák a döntéshozók tudomására sem a szeizmotektonikai modellek körüli problémákat, sem az **elavult modellek túlsúlyozását**, sem azt a kockázatot, amelyek a számítások és módszertan **hiányzó független ellenőrzéséből** fakadhat. Itt is hiányzik annak a magyarázata, hogy a **felszíni talajgyorsulás miért kisebb** az alapkőzetre számított gyorsulásnál. Megemlítik ugyanakkor a földrengés hatására 10-15 méter mélységben kialakuló talajfolyósodást, mint komoly kockázati tényezőt.

A vetőaktivitással foglalkozó alfejezet elismétli a kutatás fő téziséét, hogy a Kapos-vonalhoz csatlakozó Dunaszentgyörgy–Harta vetőzóna a terület aktív tektonikai eleme, az aktív törések csatlakoznak az aljzatban ismert eltolódási zónához, de ebben a tektonikusan aktív zónában sem alakult ki szignifikáns elvetés a 100.000 évnél fiatalabb üledékekben.

Ugyanakkor ebben az elemzésben már többször felhívtuk rá a figyelmet, hogy a kutatás során **nem definiálták a szignifikáns elvetés (vagy a kapabilis vető) fogalmát**, és nem ellenőrizték és nem foglalták rendszerbe a geomorfológiai és terepi megfigyeléseket. Az üledékvastagság változásaiból és a negyedidőszaki tektonikus aktivitásokról nem készült koherens negyedidőszaki földtani fejlődéstörténet, és így nem zárták ki azt a lehetőséget, hogy ezek a megfigyelések 100.000 éven belül történt, ismétlődő tektonikus mozgásokat jeleznek a telephely környezetében.

## A kutatási dokumentáció értékelése

A földtani kutatási program keretében elkészült **értékelő dokumentációk tizede**, a 10.000 oldalnyi jelentésből mintegy **1000 oldal** került 2017 végéig nyilvánosságra és **állt rendelkezésre** ezen elemzés készítéséhez. Ez alapján a TBJ **összevetését** a részletes kutatási jelentésekkel **csak részben lehetett elvégezni**, lényegében az összehasonlítás a kutatási program mintegy 800 oldalas zárójelentésének (KPZ) és a TBJ-nek az összevetésére korlátozódott.

A TBJ következtetéseiben és összefoglalóiban **elsikkadnak fontos mérési eredmények**, melyek felszín közeli, „kapabilis” vetőket mutattak ki a telephely közelében (S-hullám reflexiós mérések), vagy **aktív vetőket jelző indikációk és gyanúk**, amelyek rendszerezése és mérésekkel történő rendszerezése nem törént meg.

A kutatás során a földfelszíni formák vizsgálatával (geomorfológiai módszerek) számos helyen írtak le tektonikus meghatározottságú formákat, szeizmitákat, a vízhálózat alapján feltételezhető aktív töréseket, kiemelkedéseket és süllyedéseket, ahol a kialakulás valószínűsíthető ideje az 10.000 és 100.000 év közé tehető. Ezen **megfigyelések igazolása, vagy tektonikus eredetük kizárása** a kutatási eredmények szintéziséből és a TBJ következtetéseiből **hiányzik**.

A kutatás alatt S-hullám mérést csak egy helyszínen végeztek, ahol olyan felszínközeli töréseket lehetett igazolni, amelyek elmozdulása a deciméteres nagyságrendben van. Ezek az elmozdulások a kutatási jelentés (KPZ) szerzői szerint is „kapabilis” vetőnek tekinthetők. A mérés eredménye, annak jelentősége és következményei abban a tekintetben, hogy a kutatás fő célját tekintve az S-hullám reflexiós mérés **az egyik leghatékonyabb mérési módszer lehetett volna, nem szerepel hangsúlyosan** a következtetések között, és így elsikkad más, kevésbé releváns információk között.

Az, hogy **új, jelentős elterjedésű és vastagságú kifejlődését tárták fel a dél-dunántúli miocén vulkanitoknak**, és azáltal a medencefejlődés korai időszakában lezajlott intenzív szerkezeti mozgások jellegéről új információk jöttek létre, kétségtelenül bír tudományos jelentőséggel, de a kutatási program célját tekintve **másodlagos**, szerepeltetése a TBJ telephely alkalmasságát megítélő 20 pont között **nem indokolt**. Ha ilyen vizsgálatokkát elvették a kutatásban az időt és a pénzt más, sokkal relevánsabb vizsgálatok elől, akkor a kutatási program céljai csak korlátozottan tudtak teljesülni.

A kutatási zárójelentés (KPZ) jelentős terjedelemben foglalkozik a **terület geodinamikai modellezésével**. A számítógépes modellezés egyik legfontosabb eredménye a terület vetőzónái elmozdulással szembeni ellenálló képességének megbecslése. A modell fő következtetése, hogy a leggyengébb, az elmozdulással szemben **legkevésbé ellenálló törészónák közé tartozik a Dunaszentgyörgy–Harta törésvonal**. Ha a kutatási területen földrengés következik be, akkor e törésvonal mentén van a legnagyobb esély a felszíni elmozdulásra. A geodinamikai modell szintén azon információk és eredmények közé tartozik, amelyek **nem kerültek be a TBJ anyagai közé**, eredményei nem szerepelnek a kutatás következtetéseiben.

Általános kritikai észrevétel, hogy **számos fontos döntési pont rosszul vagy alig dokumentált** a TBJ-ben. Különösen a szeizmotektonikai fejezetekben végzett számítások, a döntési fa egyes szakaszaiban hozott döntések szempontjai és okai hiányosak, ismeretük nélkül a számítások helyessége nem dönthető el, és nélkülük a számítások nem is ellenőrizhetők. A számítások, a döntési folyamat lépései és szempontjai nem világosak, és nem követhetők vissza a kutatás dokumentációjából.

Számos fejezetben megfigyelhető, hogy a **TBJ nyelvezete** a döntéshozók számára nem vagy alig érthető és követhető, hanem szakértők számára íródott, **bonyolult szakszöveg**.

Az a tény, hogy a részletes kutatási jelentések 90%-a nem nyilvános, valamint a releváns információk részben és alig találhatók meg a nyilvános jelentésekben, jelentősen **rontja a kutatások hitelességét és a következtetések ellenőrizhetőségét**.

## A kutatási program és következtetéseinek értékelése

Az elemzés egészében is értékeli a TBJ-t és az **földtani kutatási programot** abból a szempontból, hogy az **milyen módon és minőségben járult hozzá a telephely földrengésbiztonságának meghatározásához, illetve a projekt lebonyolításához**.

Ami a TBJ alapján pontosan dokumentált, és a kliencvenes évek óta nem képezi szakmai viták tárgyát az az, hogy **mélyszerkezeti törésvonalakhoz** (Kapos-vonal, illetve a kecskeméti földrengészóna) **kapcsolódó aktív vetőzóna**, a Dunaszentgyörgy–Harta törésvonal található a paksi **erőmű közelében**.

A paksi törésvonalhoz kapcsolódó vita tárgya a Paks2 tervezett megépítésével összefüggésben két kérdésre adott válasszal dönthető el. A paksi földtani kutatási programnak és a kutatási jelentéseknek erre a két kérdésre kellett választ adniuk:

1. A tervezett helyszín alatti aktív törésvonal ismeretében **lehet-e a Paks2 atomerőmű megépítését engedélyezni** a nemzetközi és hazai szabályozási környezetben?
2. Az aktív törésvonal **milyen szeizmológiai veszélyeztetettséget jelent és pontosan milyen mérnökszeizmológiai paraméterek** mellett teszi lehetővé az **atomerőmű földrengésbiztos** megépítését?

A fenti kutatási célok figyelembe vételével a földtani kutatással szemben megfogalmazható egyik általános kritika, hogy **a kutatás fókusza a földtani időskálán nem volt megfelelő**.

A dokumentációk szerint a kutatás tényleges fókusza egy 25 millió éves földtani időszakot ölelt fel, de ezen belül nem fókuszált kellő mértékben a kutatás tárgyát tekintve a legfontosabb utolsó 2.5 millió évre. Így a jelentés a földtani negyedidőszak fejlődéstörténetét nagyon elnagyoltan és felületesen, az általánosságok szintjén maradva írja le.

Ugyanez a kritika még élesebb, ha az engedélyezhetőségi kérdés eldöntésében legfontosabb utolsó 100.000 évről beszélünk. Elmaradt az elmúlt 100.000 évre vonatkozó, tektonikai vonatkozású adatok összegzése és szintézise, holott ezen időszak megismerése a kutatás céljait tekintve a középpontban kellett volna álljon.

## A telephelyengedélyezés kérdése

A TBJ alapján a földtani kutatások alapján az erőmű engedélyezését lehetővé tevő logika az volt, hogy a kutatás alapján két állítás tehető:

- **Nincs** a tervezett helyszín közelében olyan **felszínen megjelenő aktív törés**, amely az utolsó 100.000 évben jelentős (szignifikáns) elmozdulást okozott volna, valamint
- az ismert **törésvonal nem rendelkezik jelentős rombolási képességekkel** (nem „kapabilis”), a jövőben megtörténő jelentős elmozdulás valószínűsége kizárható.

Röviden: vannak ugyan aktív törésvonalak a területen, de ezek gyengék voltak a múltban és azok lesznek a jövőben is, így nem tudnak a területen komoly károkat okozó földrengések létrejönni.



Ez az érvelés a következő pontok alapján vitatható, és olyan bizonytalanságokat tartalmaz, melyeket a kutatási program sem tisztázott.

#### Felszíni törések bizonyítottsága

A TBJ következtetése szerint a felszínen nem láthatók fiatal szignifikáns szerkezeti elmozdulások nyomai.

Ezzel a következtetéssel szemben számos kérdés felvethető.

Mivel a paksi területen **a felszínt borító nagyon fiatal (10-30.000 éves) dunai hordalékok és futóhomok miatt** nem várható a felszínen jól látható törés. **Félrevezető és megalapozatlan** az a következtetés, hogy a felszínen nem látható törésvonalak egyben egy nyugodt, alacsony tektonikai aktivitást jeleznek az elmúlt 100.000 évre.

**A kutatás nem rendszerezi** a vizsgált területen megfigyelt, **az utolsó 100.000 évben történt tektonikus mozgásokat**, se pontos idejüket, se méretüket, se földtani hatásukat, se az események korrelációját, holott ezek kritikus információk a földrengésveszélyeztetettség megítélésében. **A kutatás után továbbra sem lehet tudni, hogy pontosan mikor és milyen tektonikus mozgások történtek az utolsó 100.000 évben**, hogyan lehet az üledékek felhalmozódását, az üledékhányokat, a felszín alakzatait a folyóteraszoktól a süllyedékekig, a szeizmitékig **egy földtani fejlődéstörténetbe** rendezni. A TBJ az általánosságok szintjén maradt a teljes földtani negyedidőszak (2.5m év) fejlődéstörténetének leírásában is. Míg a részletes kutatási jelentések egyes fejezeteiben számos megfigyelés, információ és felvetett kérdés található a kritikus földtani időszakra, ezek ellenőrzése, rendszerbe foglalása és értelmezése nem történt meg.

Jelentős hiányossága a kutatásnak, hogy **alig alkalmazták a felszínközeli vetők aktivitását jól feltáró S-hullám szeizmikus méréseket és a méréshez kapcsolt ároklásokat** és közvetlen megfigyeléseket. Nem érthető, hogy ezeket a módszereket miért csak 1-2 helyszínen próbálták ki, és miért nem használták egy integrált kutatási terv alapján kiterjedt vizsgálatokban, ahol különböző indikációk alapján (geomorfológia, mélyszeizmika, földtani térképezés) kijelölt helyszíneken **S-hullám mérésekkel és árkolásokkal a felszínközeli vetőaktivitás mértéke közvetlenül igazolható vagy cáfolható lett volna**. Kevés és elégtelen a kutatási terület egészére érvényes, megalapozott következtetéshez az 1-2 helyszínen elvégzett vizsgálat. A földtani térképezés és a geomorfológiai indikációk alapján **sokkal több helyszínen lett volna szükség S-hullám mérésekre és árkolásos vizsgálatokra** annak igazolására, hogy a kutatási területen nincsenek szignifikáns felszíni törések.

#### A törészóna rombolási potenciálja

A TBJ szerint a kutatási területen ismert aktív törések okozta földrengésveszély alacsony, a **vetőzóna rombolási képessége terület földtani jellegzetességei miatt alacsony**.

Ezzel a következtetéssel szemben az alábbi megállapítások tehetők.

A **vetők „kapabilitása”**, azaz jelentős felszíni elmozdulást és nagy talajgyorsulást okozó képességük **nem egy általánosan ismert földtudományi fogalom és a kutatási programban sem definiálták a vető-kapabilitás fogalmát**. A megismert dokumentumokban nem szerepel e kifejezés definíciója vagy magyarázata, a 800 oldalas részletes kutatási jelentésben **csak a következtetések kimondásakor szerepel néhányszor a kifejezés** ott, ahol a szerzők kimondják a következtetést. Ezek alapján világos, hogy **a kutatási program** ténylegesen nem irányulhatott a vetők „kapabilitásának” vizsgálatára és **nem hoztatott releváns információt a vetőzónák aktivitásának pontos megítéléséhez**. Mivel a TBJ következtetése az erőmű

földrengésbiztonságáról jelentős részben a terület kis mértékű vetőkapabilitására alapul, így **ennek a következtetésnek kutatás általi megalapozottsága megkérdőjelezhető.**

Másik érv a TBJ-ben a vetőzóna alacsony rombolási képessége mellett a **mélyszerkezeti vetők gyengesége**, a *“puha vető”* koncepció. Az érv egyrészt arra alapul, hogy a korábbi földtani időszakokban létrejött törések mentén már kisebb erők hatására tudnak újra elmozdulások kialakulni. Így az ilyen felújult vetőzónák menti földrengések romboló hatása kisebb. Másrészt a Pannon-medence vékony és meleg kéregszerkezete és a vetőzónák mentén feláramló víz hatása nem engedi komoly szerkezeti feszültségek felhalmozódását és nagy földrengések kitörését.

Ezen elemzés szerzője az érv alapjául szolgáló tektonikai összefüggéseket nem vitatja, de több bizonytalanságra felhívja a figyelmet a fenti érv korlátos érvényességéről a paksi kutatási területen.

- Ha a *“puha vető”* koncepció tisztán érvényes lenne a paksi kutatási területen, akkor **Paks környékén kis földrengések rendszeresen előfordulnának.** Arra viszont maga a kutatás hívja fel a figyelmet, hogy a múltbeli szeizmikus adatok alapján a kutatási terület az **egyik legcsendesebb szeizmikus terület** az országban. Így a rendelkezésre álló szeizmicitás adatok inkább azt támasztják alá, hogy a *“puha vető”* koncepcióval szemben nem oldódik fel a szerkezeti feszültség kis földrengésekben, és így akár nagyobb szerkezeti feszültség felhalmozódása történhet a vetőzóna mentén.
- A *“puha vető”* koncepciót alátámasztó érvek jelentős részben szubjektív megítélésen alapulnak, nem ellenőrizhető és megmérhető adatokon, azaz objektív megismerésük korlátosan lehetséges. A TBJ is a kutatási program mérései és információi helyett **általános szeizmológiai tapasztalatokra hivatkozik**, valamint a hivatkozott **modellszámítás** nem része a TBJ-nek, az **nem ellenőrzött**, paraméterei és a modellezés részletes eredményei nem ismertek.
- Ha a *“puha vető”* koncepció működik, akkor is gyenge alapon áll annak felső határának pontos értéke. A TBJ érvelése arra támaszkodik, hogy a Magyarországon mért földrengések erőssége nem haladta meg a 6-os magnitúdót. Mivel mért földrengés adat csak az elmúlt 100 évről áll rendelkezésre, ennél tágabb időszakra csak közvetett információk állnak rendelkezésre, **nem zárható ki**, hogy a régió földkérgében ennél nagyobb földrengések kiváltására is képes tektonikai feszültség felhalmozódni, és erről a folyamatról a **földtudomány továbbra is erősen korlátos tudással rendelkezik.**

A kutatási jelentés alapján a *“puha vető”* koncepció nem tekinthető igazoltnak, az továbbra is **egy igazolásra váró logikusnak tűnő hipotézis**, melyet azonban a kutatási program nem teljesskörűen támasztott alá. A fentiek **alapján nem megalapozott az a végkövetkeztetés**, hogy a terület alatti aktív törészóna nem képes elég nagy felszíni elmozdulást létrehozni.

#### [A kutatási program által szolgáltatott adatok értékelése](#)

A földtani kutatási program másik fontos célja volt annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy **az aktív törészóna** milyen szeizmológiai veszélyeztetettséget jelent, és **milyen mérnökszeizmológiai paraméterek** mellett teszi lehetővé az **atomerómű földrengésbiztos megépítését.**

Erre a kérdésre a régióra jellemző szeizmotektonikai modellek leírásán, a múltbeli földrengésadatok elemzésén, és a területre jellemző számos más földtani és szeizmológiai

információ és összefüggés felállításán, valamint az adatok és modellek alapján felállított, statisztikai módszereken alapuló döntési folyamaton keresztül lehet válaszolni.

A jelentésekben leírt földrengés-veszélyeztettséget meghatározó eljárás komoly problémája, hogy három olyan szeizmotektonikai modellt használ, amelyek közül kettővel szemben komoly fenntartások olvashatók a már kutatási jelentésekben is. Ez a **két problémás szeizmotektonikai modell 95% súllyal, túlsúlyozva szerepel a számításokban**. Az egyik alkalmazott modell egy 20 éves, azóta meghaladott elképzelést tükröz, a másik modellben nem pontosak a szeizmikus zónák határai. Mégis, a két problémás modell együtt 95% súllyal szerepel a számításokban. További probléma, hogy a TBJ-ben használt **számításokban csak területi földrengés forrásokat használtak**, nem jelöltek ki szeizmikusan aktív vetőzónákat, pedig ez ellentétes a regionális földtani ismeretekkel, valamint a kutatási jelentés azon megállapításaival, ahol aktív vetőzónákat írnak le.

A területre számított talajgyorsulás közvetlenül és rendkívüli mértékben meghatározza az erőmű földrengésbiztonságát, a beruházás költségét és az építkezés időigényét. A kutatás nem adott választ arra, hogy pontosan **miért, milyen összefüggések és csillapodási paraméterek miatt kisebb a felszínre számított talajgyorsulás értéke az alapköveti gyorsulásnál?** A talajgyorsulás számításánál alkalmazott modellek és paraméterek dokumentáltsága és ellenőrizhetősége kiemelten fontos és szükséges lenne a kutatásban.

A fentiek fényében kiemelendő, hogy az Átlátszó 2017 nyarán készült videóinterjúja szerint a **felszíni talajgyorsulásnak a kutatásban meghatározott értéke gyakorlatilag megegyezik a két évvel korábban, az orosz állammal kötött szerződésbe foglalt értékkel**.

Komoly kockázat rejlik abban, hogy a komplex, számos feltételezést igénylő, a földrengés-veszélyeztettséget meghatározó számításokhoz kevés szakértő ért Magyarországon. Ezek az eljárások komplex és sok lépésből álló, döntéseket igénylő számítások, melyekben számos feltételezés, közelítés és döntés szükséges a számítások során. Komoly kockázat rejlik abban, hogy egy kutatócsoport által elvégzett számításban logikai vagy más hiba rejtőzhet. A kutatás ezen része, így a **számítások megismételhetősége és független nemzetközi auditja kimondottan javasolt**, hiszen a földrengés-veszélyeztetettségi számítások legfontosabb eredményét jelentik.

## Tartalom

<b>Összefoglalás</b>	<b>2</b>
A TBJ összevetése a részletes kutatási jelentésekkel	2
A kutatási program értékelése	2
<b>A vizsgálat céljai és felhasznált dokumentáció</b>	<b>4</b>
Célok	4
Dokumentáció	4
<b>Geológia</b>	<b>7</b>
A TBJ 5.1 fejezet összefoglalása	7
Negyedidőszaki fejlődéstörténet	7
Aktív tektonikát jelző megfigyelések	8
Geológiai összefoglalás	11
<b>Geofizika</b>	<b>12</b>
A TBJ 5.2 fejezet összefoglalása	12
S-hullám mérések	13
Vetők kapabilitása	13
Geofizikai összefoglalás	14
<b>Szeizmológia</b>	<b>15</b>
A TBJ 5.3 fejezet összefoglalása	15
A szeizmotektonikai modellek kritikája	16
Talajgyorsulás számítások	18
Számítások független ellenőrzése	19
A szeizmológiai kérdések és javaslatok összefoglalása	19
<b>TBJ értékelő fejezeteinek elemzése</b>	<b>20</b>
Telephely alkalmasság értékelése (TBJ 5.6 fejezet)	20
Javaslat monitorozásra (TBJ 5.7 fejezet)	22
Földtani adatok mérnöki tervezéshez (TBJ 5.8 fejezet)	22
<b>A kutatási dokumentáció értékelése</b>	<b>23</b>
<b>A kutatási program és következtetéseinek értékelése</b>	<b>24</b>
A telephelyengedélyezés kérdése	24
A kutatási program által szolgáltatott adatok értékelése	26