



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI
KAR



Miskolc területén létesítendő termálkút környezetének vizsgálata a Bükki Termálkarsztban

TDK DOLGOZAT

PATÓCS DÓRA

ME-MFK, HIDROGEOLÓGUS MÉRNÖKI MESTERSZAK

II. ÉVFOLYAM

TÉMAVEZETŐ:

PROF. DR. SZŰCS PÉTER

EGYETEMI TANÁR, ME-KGI

MISKOLC, 2022. OKTÓBER 24.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS.....	1
2. A BÜKKI TERMÁLKARSZT ELHELYEZKEDÉSE	2
3. KLIMATOLÓGIAI ÉS HIDROLÓGIAI VISZONYOK	3
4. A BÜKKI TERMÁLKARSZT GEOLÓGIAI ÁTTEKINTÉSE	4
5. A BÜKKI TERMÁLKARSZT HIDROGEOLÓGIAI VISZONYAI	6
6. A KUTATÁSI TERÜLET BEMUTATÁSA	10
7. KÖVETKEZTETÉSEK.....	22
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	23
9. IRODALOMJEGYZÉK.....	23
10. MELLÉKLETEK.....	27

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

Magyarország geotermikus adottságai európai és nemzetközi viszonylatban is kiemelkedőek, annak ellenére is, hogy nem aktív vulkáni területen található. A hőmérséklet mélységgel történő emelkedése magas: $\sim 45\text{ °C/km}$, szemben az átlagos $20\text{--}30\text{ °C/km}$ értékkel. Így 500 m mélységben az átlaghőmérséklet már $35\text{--}40\text{ °C}$, 1000 m-ben $55\text{--}60\text{ °C}$, 2000 m mélységben pedig $100\text{--}110\text{ °C}$, a melegebb területeken akár $120\text{--}130\text{ °C}$ lehet. A kifejezetten magas érték két földtani adottságnak köszönhető:

1. A Pannon-medence alatti litoszféra az alsó- és középső-miocénbeli kéregmozgások következtében erősen elvékonyodott (a földkéreg mindössze $24\text{--}27\text{ km}$ vastag, míg az átlag kéregvastagság: $30\text{--}35\text{ km}$ a Földön), ezáltal az olvadt kőzetanyag (magma) a felszínhez sokkal közelebb helyezkedik el.
2. A medencét nagy (átlagosan $2,5\text{ km}$, de akár 6 km) vastagságban jó hőszigetelésű képződmények, üledékek (agyag, homok) töltik ki és a bennük tárolt/áramló víz a földi hő közvetítőjévé válik (Gáspár, 2009).

A felszín alatt több km mélységig megtalálható törmelékes üledékekből (homok, homokkő) vagy repedezett mészkőből, dolomitból az ország területének több mint 70%-án minimum 30 °C -os termálvíz feltárható.

A Pannon-medence átlagos hőáramsűrűsége $80\text{--}100\text{ mW/m}^2$ -re tehető, mely lényegesen magasabb az európai átlagnál (60 mW/m^2), tehát Magyarország alkalmas a geotermikus energia hasznosítására (Gáspár, 2009). Alulról közelítő becslések szerint is legalább $\sim 60\text{ PJ/év}$ a geotermikus potenciál az országban (Rybach et al, 2008; Liebe, 2001).

Magyarországon megkülönböztetünk hideg ($<18\text{ °C}$); langyos ($18\text{--}25\text{ °C}$); meleg ($25\text{--}37\text{ °C}$) és forró ($>37\text{ °C}$) vizeket (Gáspár, 2009; Lénárt, 2011a). Hazánkban a 30 °C -os vagy annál nagyobb hőmérsékletű vizeket termálvizeknek vagy hévizeknek nevezzük.

Hévízeink két típusú víztartóban jelenhetnek meg, melyek a következők:

1. porózus víztartó: rétegvizet tartalmaz, leginkább negyedidőszaki és pannon korú képződményekre jellemzőek (pl: Alföld, Kisalföld)
2. karsztos víztartók: a karsztosodó képződményekre jellemzőek (mészkő, dolomit), ahol a felszín alá szivárgó víz oldja ezeket a képződményeket, ezáltal hatalmas üreghálózatot hoz létre (Gáspár, 2009).

TDK dolgozatomban Magyarország második legnagyobb termálkarszt víztestjével foglalkozom, mely a Bükki Termálkarszt. A Bükki Termálkarszton belül, Miskolc területén egy nagyvállalat hévízkutat szeretne létesíteni, hogy a távfűtését geotermikus energiából fedezze,

mely manapság egyre gyakoribb. Célom, hogy megtaláljam a legmegfelelőbb rezervoárt a cég számára, ahol a későbbiekben termálkutat lehet létesíteni.

Feladataim a következők voltak: első lépésben a Bükki Termálkarszt geológiai-hidrogeológiai szakirodalmak összegyűjtése, összefoglaló készítése. Következő lépésben táblázatba foglaltam a Bükki Termálkarszt területére eső hévízkutakat az Országos Geotermikus Rendszer felületéről. Majd a nagyvállalat pontos helyének ismertetése után a legközelebbi hévízkutakat és egyéb, 500 m-nél mélyebb fúrásokat gyűjtöttem össze. A legközelebbi hévízkutak és fúrások adatait szintén az Országos Geotermikus Rendszer felületén kerestem meg, majd fúrási dokumentációkból, vízföldtani naplókából informálódtam a rétegsort illetően. Erre azért volt szükség, hogy minél pontosabb adatokat kapjak a kutak rétegsoráról, illetve a fúrások földtan szerinti rétegsoráról.

2. A BÜKKI TERMÁLKARSZT ELHELYEZKEDÉSE

A Bükki Termálkarszt Magyarország második legnagyobb termálkarsztos vízteste. A termálkarszton belül a Bükk térséget tartják hazánk legnagyobb karsztvízkitermelő és felhasználó területének (Lénárt, 2011b), mely Észak-Magyarországon található (1. ábra).

A teljes Bükki Termálkarszt Víztest területe 4300 km², ezen belül a Bükk térség termálkarsztos területe mintegy 1000 km²-re tehető és nehezen határolható le pontosan.



1. ábra A Bükk elhelyezkedése földrajzi szempontból (pirossal jelölt terület)

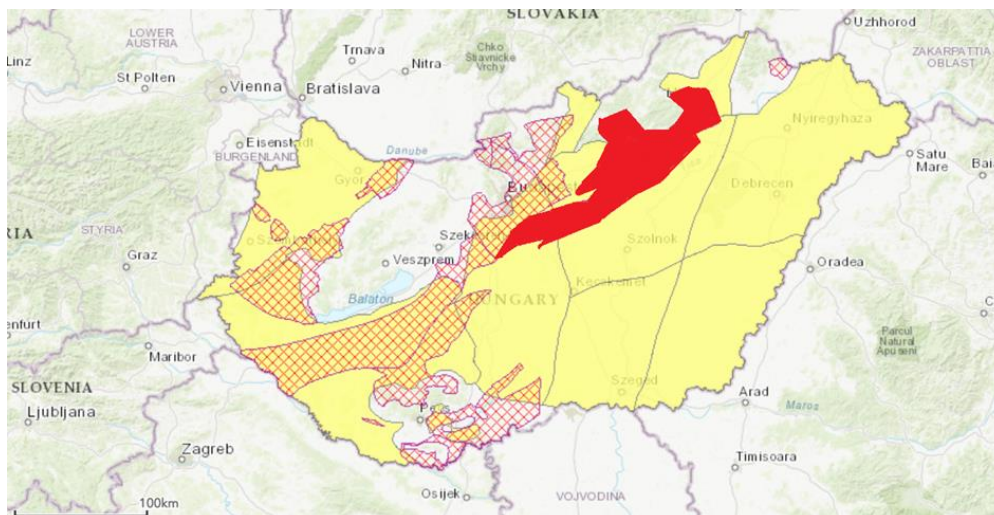
(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/HU_subregion_6.5.1._K%C3%B6zponti-B%C3%BCkk.png)

Lénárt (2006), Miklós (2022) és Pelikán (2005) publikációi alapján a térség földrajzi határai a következők: északi és keleti határa a Sajó, nyugati határa a Mátra és a Bükk közötti

Eger és Laskó patakok völgye, valamint délen a Bükkalja, amely már geológiai szempontból is elkülönül a Bükk térségtől.

A Bükk legnagyobb kiterjedésű kistája a Bükk-fennsík, melyet a Garadna-völgy osztja két részre. Délen a Nagy-fennsík, északon a Kis-fennsík található (Pelikán, 2005).

A Bükki Termálkarszt víztest a Bükk északkeleti peremétől a hegység déli peremét követve húzódik el az Alföld fedőképződményei alá délnyugati irányba (2. ábra).



2. ábra A Bükki Termálkarszt területi elhelyezkedése (a terület pirossal jelölve)

(<https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/>)

3. KLIMATOLÓGIAI ÉS HIDROLÓGIAI VISZONYOK

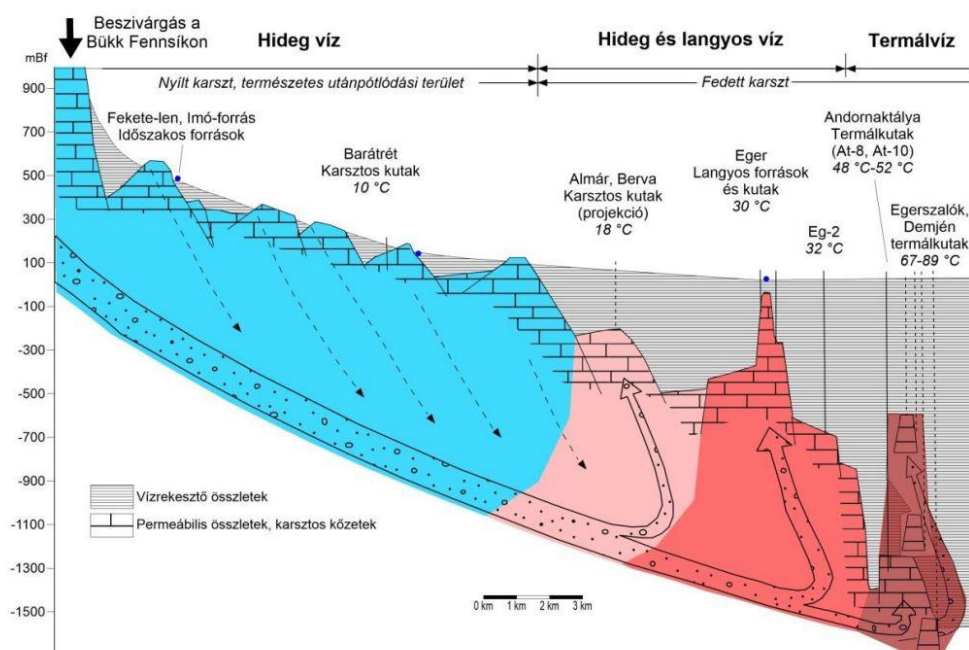
A Bükk hegység alapvetően hűvös-nedves éghajlatú terület. Az évi középhőmérséklet 6 °C körül alakul. Az évi országos csapadékátlag értéke 500-750 mm, azonban a Bükkben ez az érték 840,6 mm-re tehető (Dövényi, 2010; Lénárt et al, 2021).

A hegységben a napfényes órák számának évi összege 1900-1950. A fagymentes időszak maximum 160 napig tart. A hótakaró átlagosan 80-100 napig fedi a felszínt, átlagosan 50 cm-es vastagsággal. Az átlagos uralkodó szélirány nyugatias, melynek értéke eléri a 4-4,5 m/s szélsőséget. A Nagy-fennsíkon az évi csapadékmennyiség több, az évi középhőmérséklet alacsonyabb, mint az alacsonyabban fekvő területeken (Dövényi, 2010).

A Bükk felszíni vízfolyásai a Tisza vízgyűjtő területéhez tartoznak, azonban a Bükk-fennsík karsztos területein hiányoznak a felszíni vízfolyások, mivel a csapadék beszivárog a karsztba koncentrált formában víznyelőkön és epikarszton keresztül, diffúz formában a teljes talaj-és kőzetfelszínen. A víznyelőkön, függőleges karsztjáratokon keresztül beszivárgó vizek a felszín alatt horizontális karsztjáratokon keresztül áramlanak és gyors (néhány napos) áramlással jut a karsztforrásokig. A víznyelők karsztosodó és vízzáró képződmények hatásán alakulnak ki. A

Bükk területén számos (kb. 665 db) karsztforrás található, melyeknek jelentős, 10 - 40 000 l/min-es hozama van (Darabos, 2017; Lénárt et al, 2021; Miklós, 2022).

A víztest tápterületét a bükki beszivárgási területek alkotják. A hosszú távú becült beszivárgás a Bükk területére 32,4 %. A karsztosodott fennsíki területeken a beszivárgás 36 % (becsülve). A Bükk szabadtükrű karsztterületeit megcsapoló források vize hideg, hegylábi területeken langyos (10-25 °C) és meleg (25-31 °C) (Izápi és Maucha, 1992; Lénárt et al, 2021).



3. ábra A vízáramlás rendszere a Bükkben és a hegység környezetében (Aujeszy és Scheuer, 1974; Izápi és Sárvary, 1993; Lénárt, 2008)

Jelentős vízkészleteket rejtene a triász karbonátos vízadók. Az egész bükki karbonátos vízadó hidraulikai szempontból regionálisan összefüggő (Kovács et al, 2015).

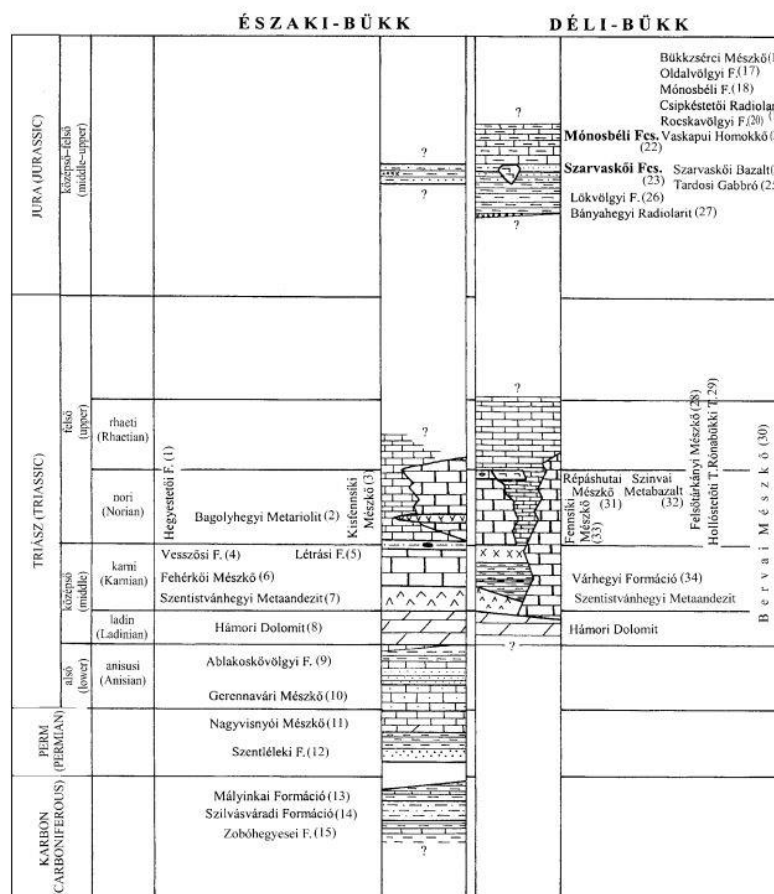
4. A BÜKKI TERMÁLKARSZT GEOLÓGIAI ÁTTEKINTÉSE

A Bükk erősen gyűrt szerkezetű, legidősebb képződményei a felső karbonba tartoznak (Schréter, 1954). Fő tömege triász korú karsztos összlet, összvastagságát mintegy 3500 m-re teszik (Balogh, 1964). Végso helyét a késő kainozoikumban tektonikai mozgások révén érte el.

A hegységet felépítő kőzeteket két csoportba sorolhatjuk:

1. kontinentális kérgen képződött, középső karbon-perm-triász-jura korú összletek (Bükk Autochton)
2. óceáni kérgen képződött, jura korú összletek (Szarvaskői-Darnó takaró).

A Bükk hegységet (4. ábra) főként jól, kiválóan karsztosodott, platform kifejlődésű triász korú mészkövek, valamint kevésbé vagy kis mértékben karsztosodó mészkő, márga rétegek építik fel, agyagos közbetelepülésekkel. A nyugati, délnyugati területeken nagy felszíni kiterjedésben megjelennek jura palák és kréta vulkanitok (diabáz, gabbró, metabazalt) (Less et al, 2005).

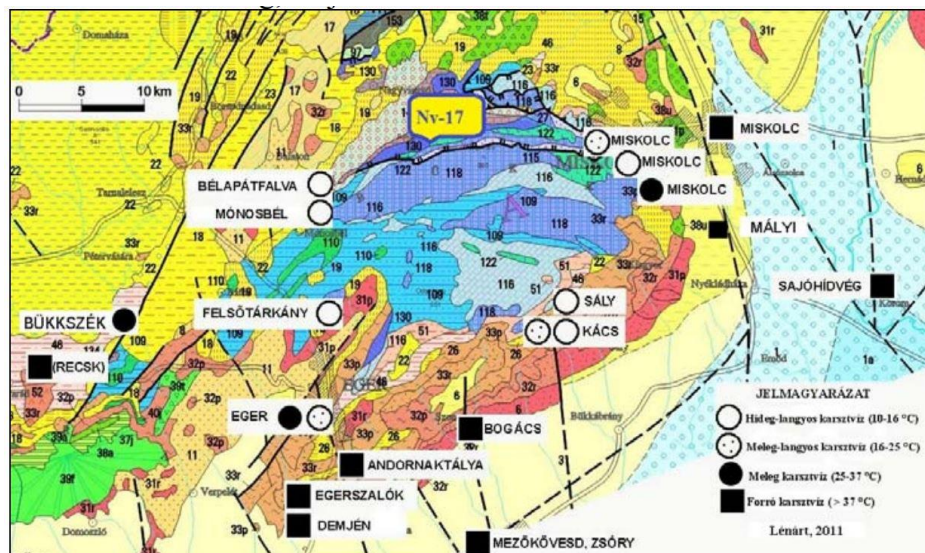


4. ábra A Bükk paleo-mezozoos képződményeinek elvi rétegoszlópa (Pelikán, 2005)

A talajvíztartó képződmények nagyrészt holocén és késő-pleisztocén, elsősorban ártéri, folyóvízi képződményekben alakultak ki: iszap, agyag, homok, kavics, homokliszt, lösziszap, infúziós lösz, löszben, homokos löszben, lejtőlöszben, illetve eolikus képződményekben futóhomokokban, löszökben. A vízfolyások mentén durvább szemcsés folyóvízi képződmények (homok, kavics) alkotja a talajvíztartót. A talajvíztartó vastagsága néhány méterre, estenként néhány tíz méterre tehető. A talajvízdomborzat alakulása követi a felszíni domborzatot, mélysége a völgyekben 2–5 méterrel a felszín alatt jellemző, a dombhátak alatt a néhány tíz métert is elérheti. A vízfolyások völgyeiben maga az allúvium jelenti a talajvízadó képződményt, ahol a talajvízszint felszínhez közeli (MBFH, 2016).

A termálkarszt víztest tározó kőzetei azonosak a Bükki hideg karszt perm-triász karsztos kőzetekkel. A víztest kőzetei közül D-DK-en a *Bervai és Bükkfennsíkai Mésző*, északkeleten a *Fehérkői Mésző*, délnyugaton a *Felsőtárkányi Mésző* ismert. Verpelét környékén a *Hámori Dolomit* képződményei találhatók meg. A formációk jellemzése a Mellékletek c. fejezetben olvashatók (Less et al, 2005).

A víztest képződményeit dél-délnyugaton szénhidrogén kutatófúrások tárták fel. Déli határa a közép-magyarországi vonal, más irányba a határai bizonytalanok. A fedőképződmények déli irányban egyre nagyobb vastagságban fordulnak elő. Pannon lignit rétegek, miocén tufaféleségek, oligocén üledékes és eocén mészkő képződmények fedik a mezozoós alaphegységet. A hőmérsékleti viszonyok a hegység peremétől való távolság és a mélység függvényében eltérőek (5. ábra) (Lénárt, 2011a).



5. ábra A különböző hőmérsékletű termálkarsztvíz feltárások a Bükk peremén, ill. a Bükk térségében (Lénárt, 2011a)

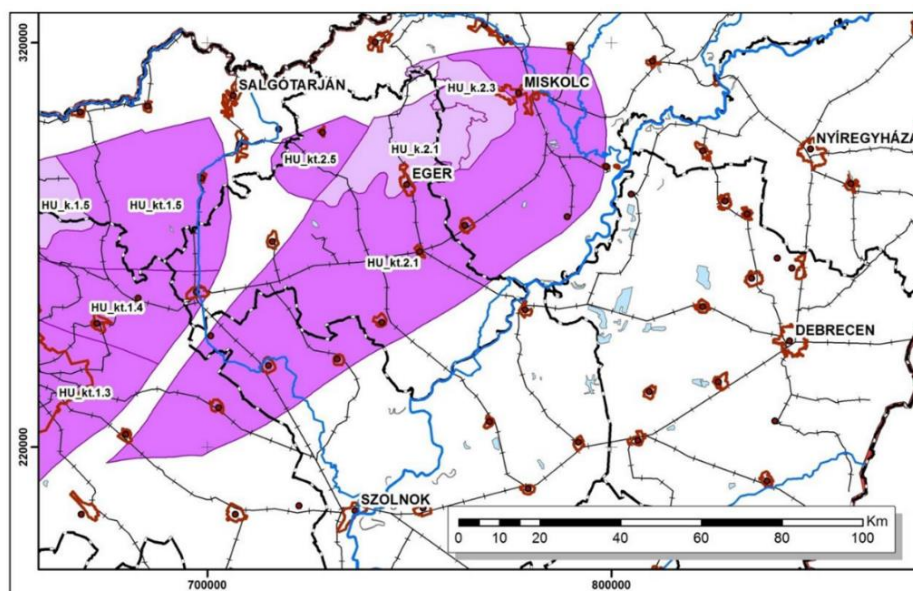
A Bükk peremén az alacsonyabb hőmérsékletű források és kutak a jellemzők, a peremtől távolodva először meleg, majd forró termálkarsztvíz kerül a felszínre. Magas hőmérsékletű termálkarsztvíz a Bükk peremétől távol, a törmelékes üledékekkel fedett, leszorított tükrű karsztokból tárható fel, mint például Recsk, Egerszalók, Demjén, Andornaktálya, Bogács, Mezőkövesd, Sajóhidvég, Miskolc, Mállyi (Lénárt, 2011a).

5. A BÜKKI TERMÁLKARSZT HIDROGEOLÓGIAI VISZONYAI

A Bükk hegység döntő mértékben hideg karsztvizet tartalmaz, de mivel a karsztos kőzetei közvetlen kapcsolatban vannak a törmelékes kőzetekkel eltemetett karsztos kőzetekkel,

ezért a Bükk térségben egységes hideg-meleg karsztrendszerrel lehet beszélni (Lénárt, 2011a; Miklós, 2022).

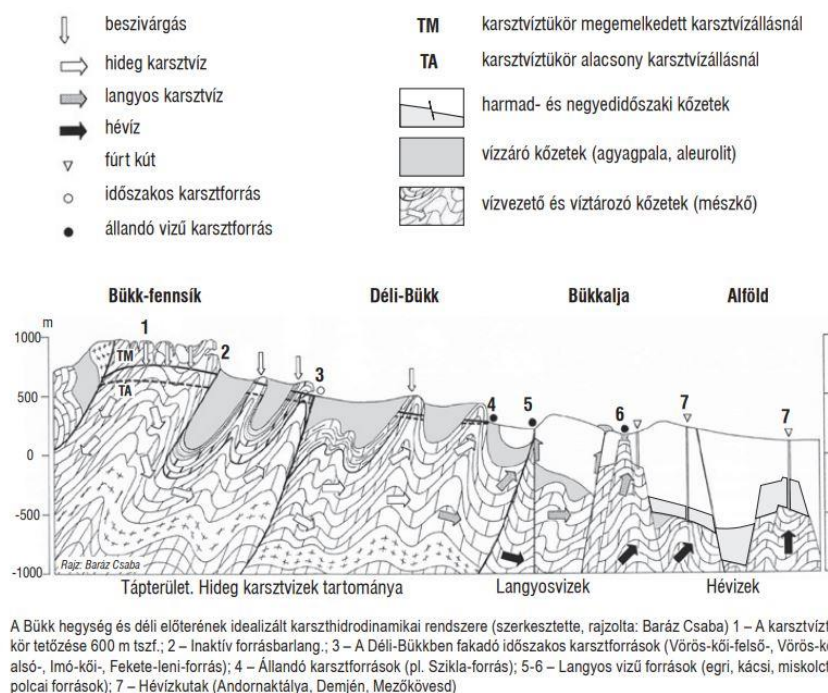
A Bükk hegységben a hideg karsztvizet tartalmazó kőzetek felülete mintegy 207 km², a vízgyűjtő területe 230 km². A teljes Bükki Termálkarszt víztest területe 4300 km² (Lénárt, et al, 2015), ezen belül a Bükk térség termálkarsztos területe mintegy 1000 km² és nehezen határozható le pontosan (6. ábra) (Lénárt et al, 2015).



6. ábra A bükki és Bükk térségi karsztvíztestek (Lénárt et al, 2015) (HU_k.2.1: hideg, HU_k.2.3: hideg, HU_k.2.1: meleg, HU_k.2.5: meleg)

A Bükki Termálkarszt Bükk térségre eső része nagy kiterjedésű hideg vizű nyíltkarszthoz csatlakozik, fokozatos átmenettel, langyos karsztvíz zónával (Lénárt et al, 2015; Lénárt, 2011b). A hideg karsztvíz alatt a földi hőáram mennyisége 40-60 mW/m² -re csökken (a magyarországi átlag kb. 100 mW/m²) és a technikai határként használt 30 °C-os izoterma 1300 m felszín alatti mélység alá süllyed (Lénárt, 2011a). A jól karsztosodott kőzetekben a csapadékból származó nagy mennyiségű hideg karsztvíz erőteljesen le tudja hűteni a környezetét (Lénárt, 2011a).

A Bükk, mint karsztos hegység és az előterében mélybe süllyedt, többnyire vízzáró kőzetekkel fedett karbonátos kőzetek egy egységes karszthidrodinamikai rendszert képeznek (7. ábra). A tápterületét a hegység – főképpen a Bükk-fennsík – felszíni karsztos kőzetei alkotják, ugyanis itt történik a vízutánpótlás, a csapadékvizek elnyelése. A mészkőből álló Bükk-fennsík (Központi-Bükk, Magas-Bükk) és Délkeleti-Bükk területén lehulló csapadék egy része a kőzetbe szivárog (Baráz et al, 2009).



7. ábra A Bükk hegység és déli előterének idealizált karszthidrodinamikai rendszere (Baráz et al, 2009)

A felszínen lévő képződmények felső egy-két méteres zónája az, amelynek a meteorológiai viszonyok mellett döntő szerepe van a beszivárgás mértékének alakulásában. Az évi csapadék kb. 5%-ára becsülhetjük a beszivárgás mértékét. A homokos, aleuritos, finomabb szemcsés felszíni képződmények esetében ez 4–5%-ot tesz ki, a löszös, homokos felszíni képződmények esetében ez 10% is lehet, de konkrét terepi mérések hiányában célszerű az értékeléseknél egységesen 5%-os aránnyal számolni. Miskolc környékén a felszínen lévő karsztosodott mezozoos térszíneken a beszivárgás meghaladhatja a 30%-ot is (MBFH, 2016).

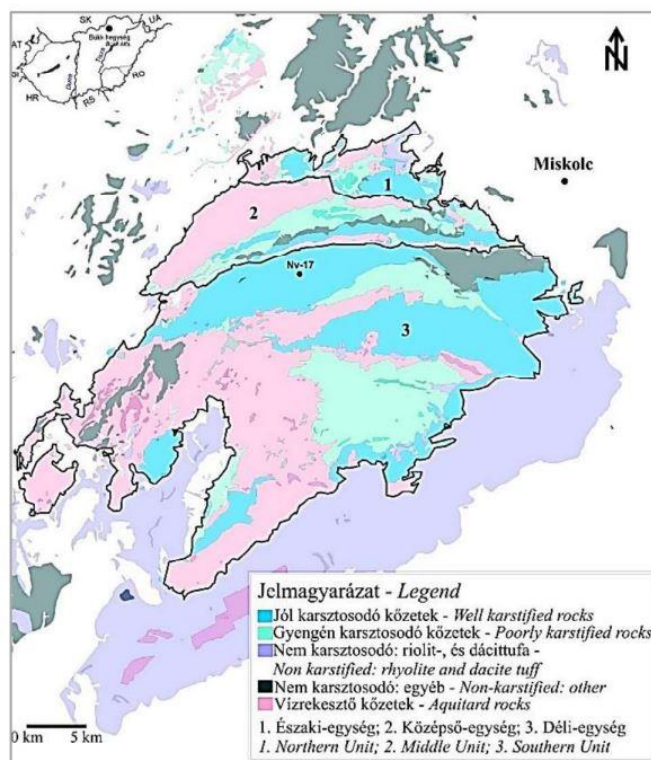
A felső-pannóniai képződmények esetében oldalirányú utánpótlás elsősorban északnyugati irányból érkezik, mely mellett a köztes áramlási rendszer felső 100–300 m-es zónájában számíthatunk a talajvíz irányából származó komponensekre is (MBFH, 2016).

A Bükk-vidék vízmozgását, a hegység és környékének hidraulikai tulajdonságait alapvetően a Bükk központjában lehulló csapadék beszivárgott vízmennyiségéből származó karsztvízszint vezérli mind a hideg, mind a termál karsztvizek esetében. A Bükk karsztvízdomborzatának tetőhelyzetben lévő karsztvíz szintjét (550 mBf) nagy valószínűséggel az Nv-17 figyelőkút közelíti meg legjobban, ezért minden kutatás során ezt tekintik etalonnak (Kútperem: 779,90 mBf) (Lénárt, 2017; Lénárt et al, 2021).

Az eddig feltárt melegvizek általában normál karsztos, kalcium-hidrogénkarbonátos összetételűek. A víztestek állapotértékelése során feldolgozott ismeretek és adatok alapján a Bükk termálkarszt víztest jó állapotúnak minősült (Debnár et al, 2011).

A Bükk hegységet három fő vízföldtani egységre (8. ábra) lehet osztani, melyek az alábbiak:

1. É-i egység: a nagy bükki antiklinális É-i szárnya
2. Középső egység: a bükki antiklinális D-i szárnya
3. D-i egység: középső triász - felső jura összletek alkotják (Less et al, 2005).



8. ábra A Bükk hegység és közvetlen környezetének vízföldtani kategória térképe és fő vízföldtani egységei (1,2,3) (Less et al, 2005; Darabos, 2017; Lénárt et al, 2021)

A Bükk vízföldtani kategóriái a következők lehetnek, melyeknek porozitását a 9. ábra mutatja (Lénárt et al, 2021):

- Jól karsztosodó kőzetek: főként középső, felső triász jól, kiválóan karsztosodott platform fáciesű mészkövek → *Fehérkői, Bükkfennsík, Kiszfennsík Mészkő* → legfontosabb víztartó egységek: kutatási, vízáramlási, tározási, ivóvízcélú vízkivétel
- Gyengén karsztosodó kőzetek:
 - felső perm → *Nagyvisnyói Mészkő*
 - alsó triász → *Gerennavári Mészkő*
 - középső triász → *Hámori Dolomit*
 - felső triász → *Felsőtárkányi Mészkő*

- jura → *Bükkzsérci Mésző*
- Vízrekesztő kőzetek:
 - karbon → *Szilvásváradai Formáció*
 - perm → *Szentléleki Formáció*
 - jura → *Lökvölgyi, Vaskapu, Rocskavölgyi Formációk*, radiolaritok
 - triász-jura → metamagmatit
- Kitűnően karsztosodott, nagyon jó vízvezető és vízadóképesség: eocén → *Szépvölgyi Mésző* (bükkaljai területeken, vastag üledékekkel fedve, nagy mélységben eltemetve)
- Alacsony vízvezető képességű összletek (palák): jelentéktelen mennyiségben tárolnak karsztvizet (*Zobóhegyi, Mályinkai, Ablakoskővölgyi, Vesszősi, Oldalvölgyi, Mónosbéli Formáció*)
- Nem karsztosodó vulkáni eredetű rétegsorok (riolittufa, dácittufa): főként a hegységelőtéri területeken, nagy kiterjedésű felszíni előfordulásokban találhatók

Vízföldtani kategória	Kőzettípus	Porozitás
Jól karsztosodó kőzetek	mésző	0,0075
Gyengén karsztosodó kőzetek	dolomit, mésző	0,0025
Nem karsztosodó (tufa)	riolittufa, dácittufa	0,001
Nem karsztosodó (egyéb)	metamagmás kőzetek	0,001
Vízrekesztő kőzetek	aleurolit, turbidit, homokkő, agyagkő, radiolarit, agyagpala	0,0005

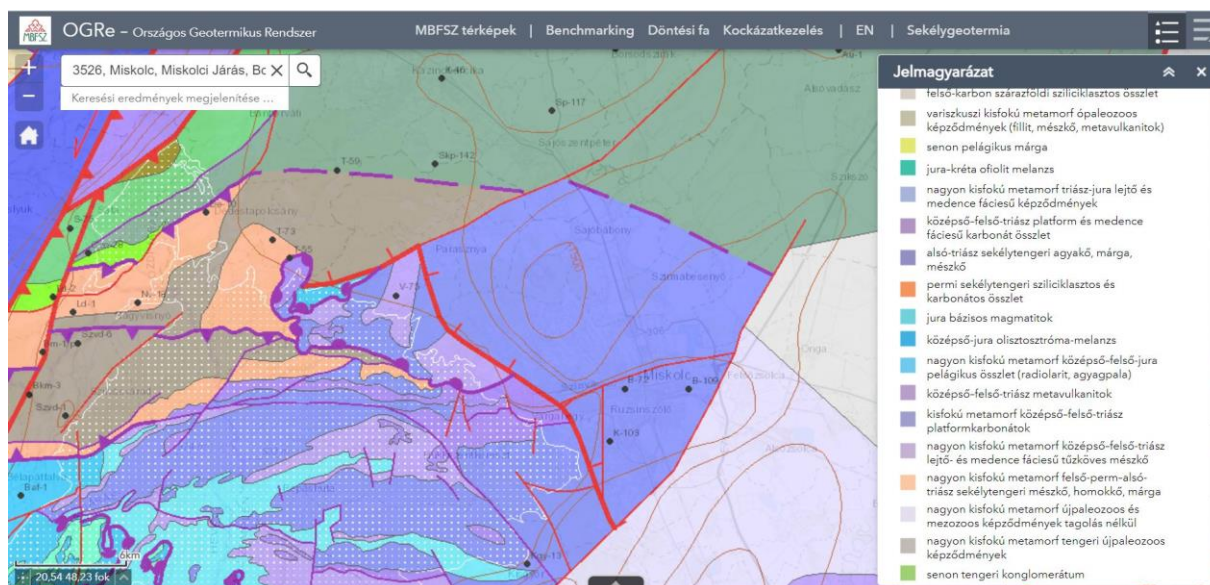
9. ábra Vízföldtani kategóriákhoz tartozó porozitás értékek a Bükk hegységben (Lénárt et al, 2021)

6. A KUTATÁSI TERÜLET BEMUTATÁSA

A kutatási terület Miskolc városában, a Közép-magyarországi nagyszerkezeti egység területén helyezkedik el, azon belül is a Bükki-egység területére esik. A területre északkelet–délnyugati irányítottságú szerkezeti elemek jellemzőek.

A szakirodalmak áttekintése után a miskolci vállalat területére eső földtani-vízföldtani adatokat gyűjtöttem össze az MBFSZ, OGRE (Országos Geotermikus Rendszer) digitális online felületéről.

A megbízó nagyvállalat területére eső prekainozoos medencealjzat várhatóan: kisfokú metamorf középső-felső-triász platformkarbonátok. Az aljzat (10. ábra) többnyire (-1500) – (-2500) mBf mélységben található.



10. ábra Prekainozoós medencealjzat (<https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/>)

A területen elhelyezkedő víztest alapadatait (<https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/>) (1. táblázat) és terület fontos paramétereit (<https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/>) (2. táblázat) a következő 2 táblázat tartalmazza:

1. táblázat Víztest alapadatai

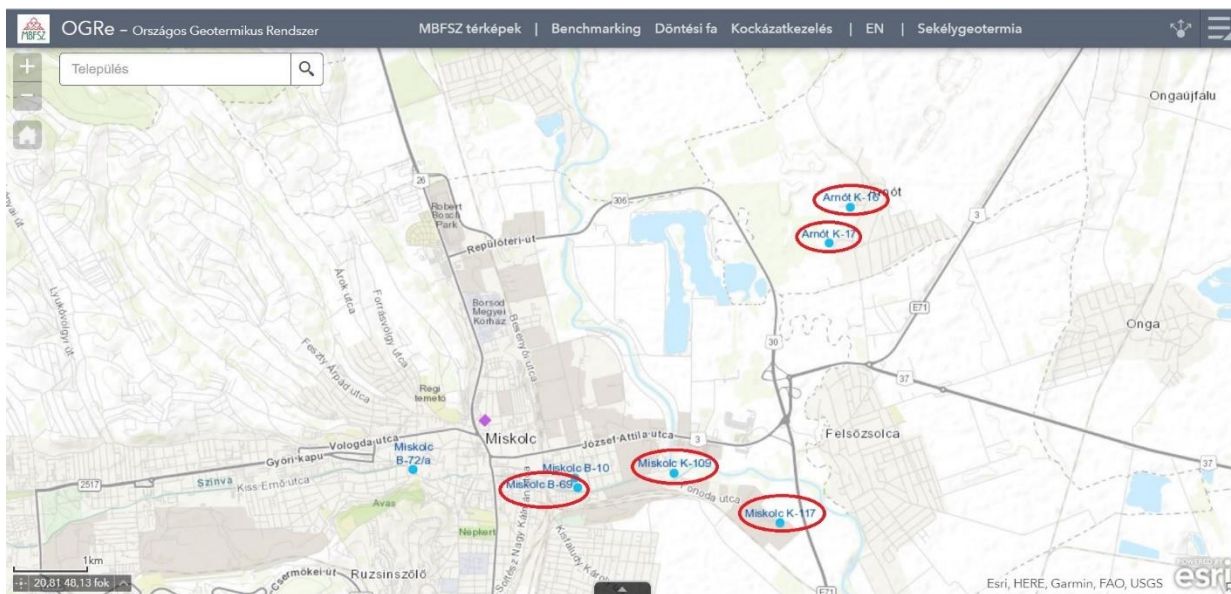
Név:	Bükki Termálkarszt
Víztest jele:	kt.2.1
Alegység:	2-8 Bükk és Borsodi-Mezőség
Víz hőmérséklet:	termál (>30 °C)
Vízadó típusa:	karszt
Földtani jelleg:	karbonátos
Hidrodinamika:	feláramlás
Nyomás alatt:	igen
Átlagos fedő [m]:	600
Átlagos fekvő [m]:	1800
Átlagvastagság [m]:	400
Vastagság típusa:	vízföldtani

2. táblázat Fontos paraméterek

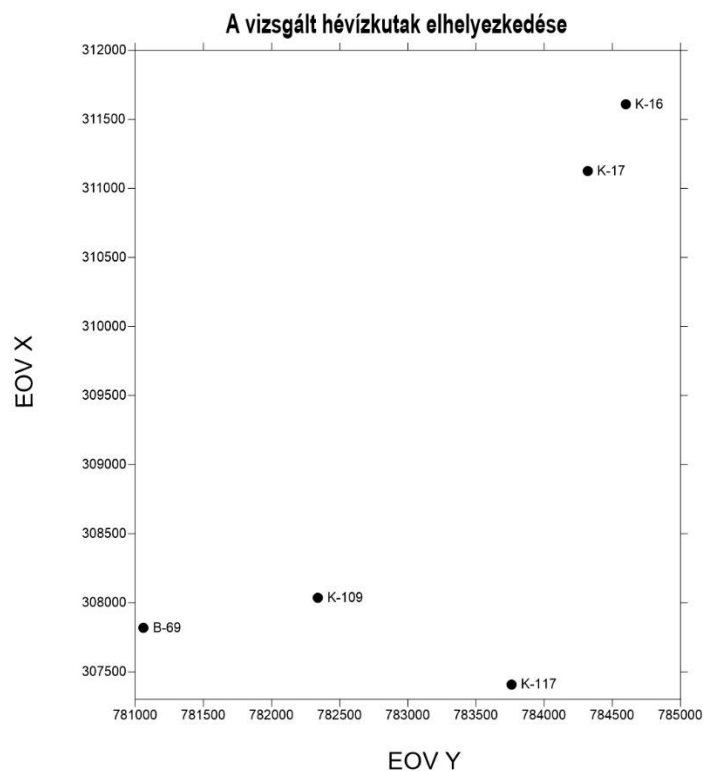
Felső 10 m-es összlet kőzetkifejlődése (https://map.mbfisz.gov.hu/sekelygeotermia/):	márga
--	-------

Földtani index (hivatalos) (felszíni földtan) (https://map.mbfisz.gov.hu/sekelygeotermia/):	f_Qp3-h1
Földtani index (hagyományos) (felszíni földtan) (https://map.mbfisz.gov.hu/sekelygeotermia/):	f_Qp3-h1
Felszíni földtan neve (https://map.mbfisz.gov.hu/sekelygeotermia/):	folyóvízi üledék
Felszíni földtan litológiája (https://map.mbfisz.gov.hu/sekelygeotermia/):	folyóvízi üledékek összevontan
Kőzetösszetétel (https://map.mbfisz.gov.hu/atlasz200/):	folyóvízi agyag, aleurit, homok, kavics
Prekainozoos medencealjzat (https://map.mbfisz.gov.hu/preterc500/):	kisfokú metamorf középső–felső-triász platformkarbonátok
Kvarter talp, terep alatti mélység [m] (https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/):	0-100
Felső pannóniai talp, terep alatti mélység [m] (https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/):	100-200
Pannóniai talp, terep alatti mélység [m] (https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/):	200-300
Prekainozoos aljzat felszíne [m] (https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/):	900-1200
A prekainozoos aljzatfelszín hőmérséklete [°C] (https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/):	30-40
A 30 °C izoterma becsült mélysége [m] (https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/):	550-600
Talajvízszint mélysége a felszín alatt [m] (https://map.mbfisz.gov.hu/sekelygeotermia/):	5-10
Talajvíztükör nyugalmi szintje a felszín alatt [m] (https://map.mbfisz.gov.hu/tvz/):	>8
Transzmisszivitás [m ² /nap] (https://map.mbfisz.gov.hu/sekelygeotermia/):	24,0

Következő lépésben megkerestem a vizsgált területhez legközelebb eső hévízkutakat, melyeket a 11. ábra mutat. A 11. ábrán látható hévízkutak közül a Miskolc B-69, Miskolc K-109, Miskolc K-117, Arnót K-16 és Arnót K-17 kutakról álltak földtani-vízföldtani információk rendelkezésemre. Az öt darab hévízkút helyzetét vízföldtani naplójuk alapján, a Golden Software Strater nevű programban ábrázoltam (12. ábra).

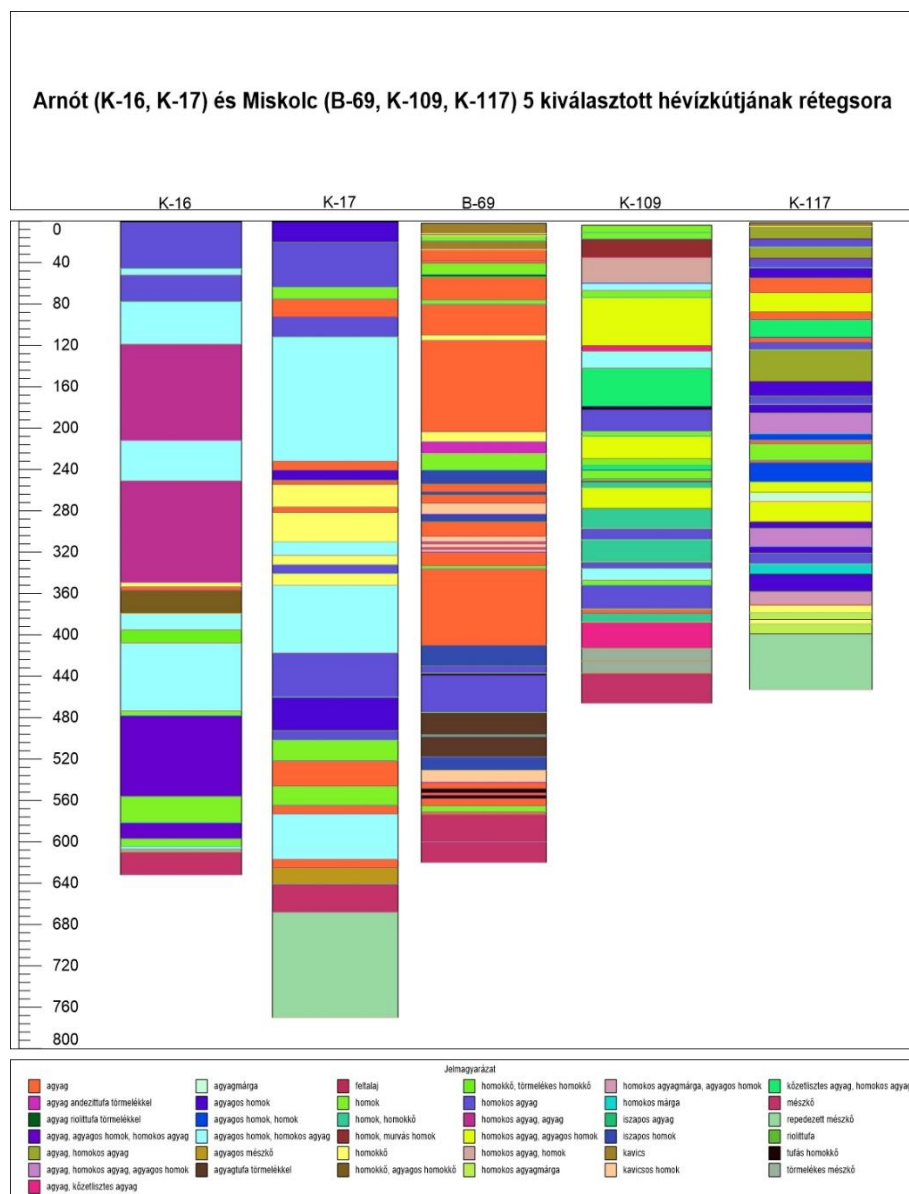


11. ábra A területre eső legközelebbi hévízkutak (<https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/>)



12. ábra A vizsgált hévízkutak elhelyezkedése EOY koordinátáik szerint

A területi elhelyezést követően mind az öt kút rétegsorát elkészítettem a Golden Software Strater-ben (13. ábra).

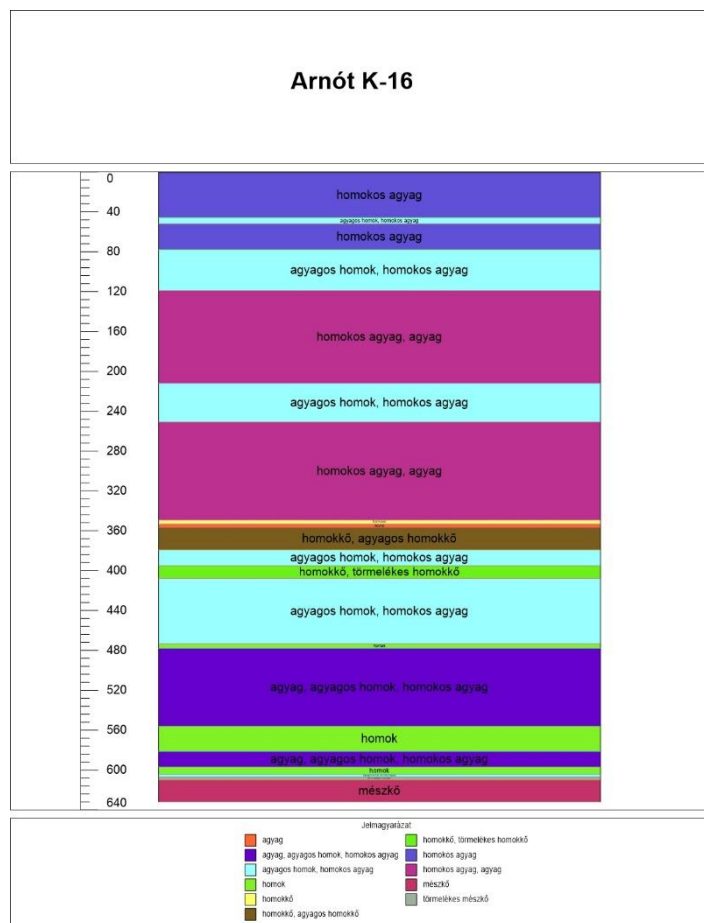


13. ábra A hévízkutak rétegsorai

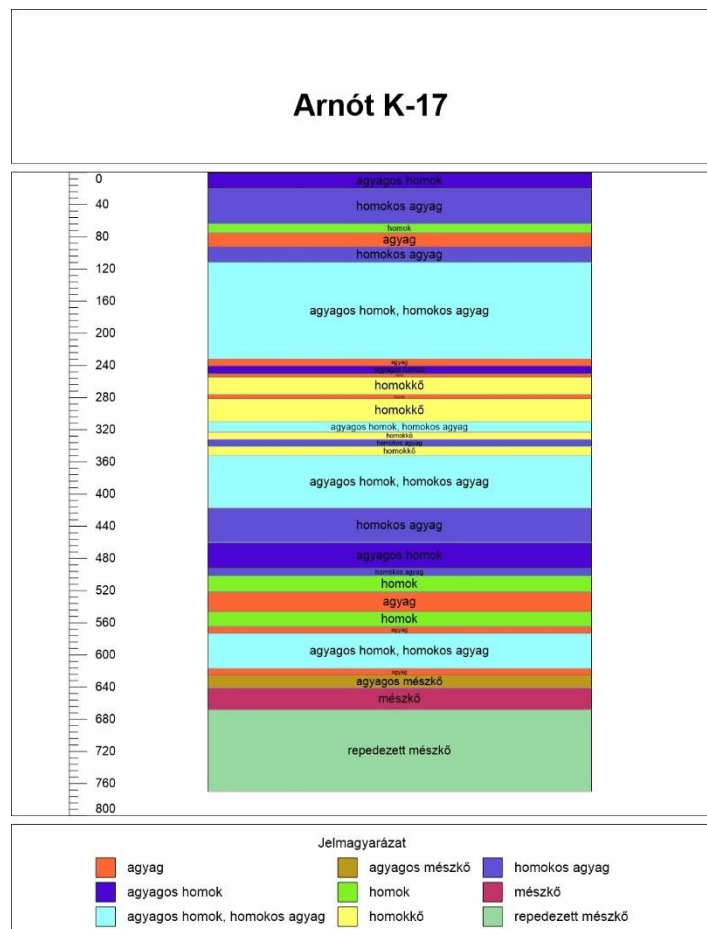
Lénárt László szóbeli közlései alapján a Miskolcon létesített hévízkutak fenéklezárásai a triász korú, repedezett mészkőben történtek, ezáltal a hévízkutak mélységei a következők voltak:

- Arnót K-16: 632 m (mészkő);
- Arnót K-17: 770 m (repedezett mészkő);
- Miskolc B-69: 620 m (mészkő);
- Miskolc K-109: 466 m (mészkő);
- Miskolc K-117: 453 m (repedezett mészkő).

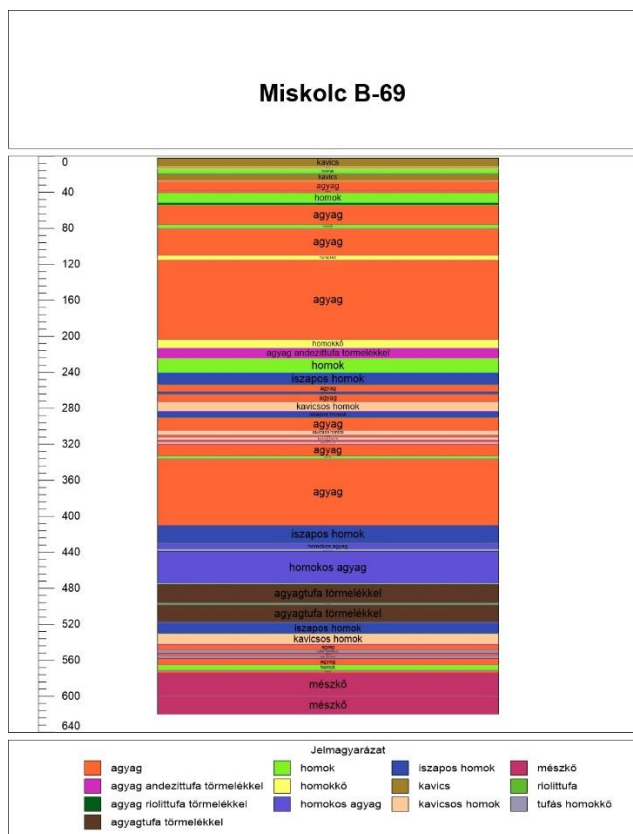
A kutak rétegsorát külön-külön is ábrázoltam a programban (14-18. ábrák).



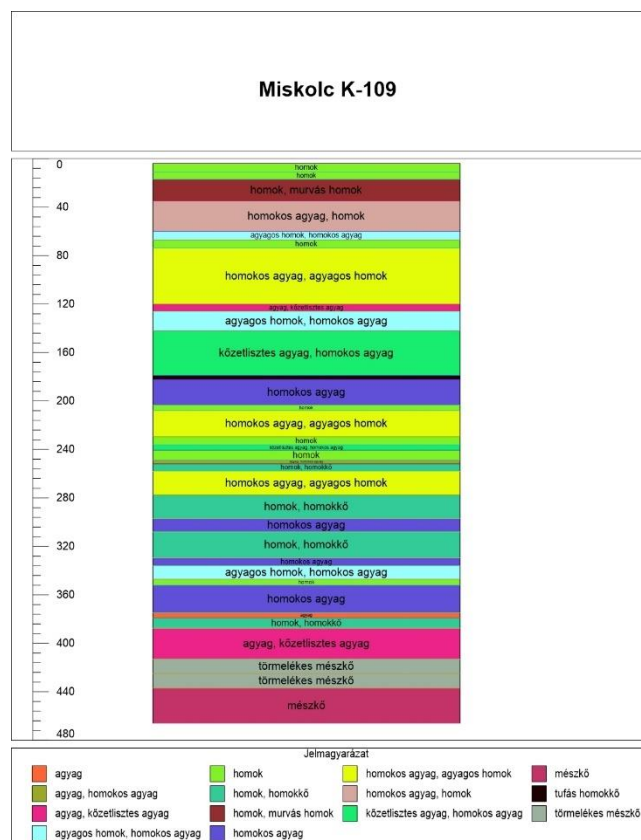
14. ábra Az Arnót K-16-os hévízkút rétegsora



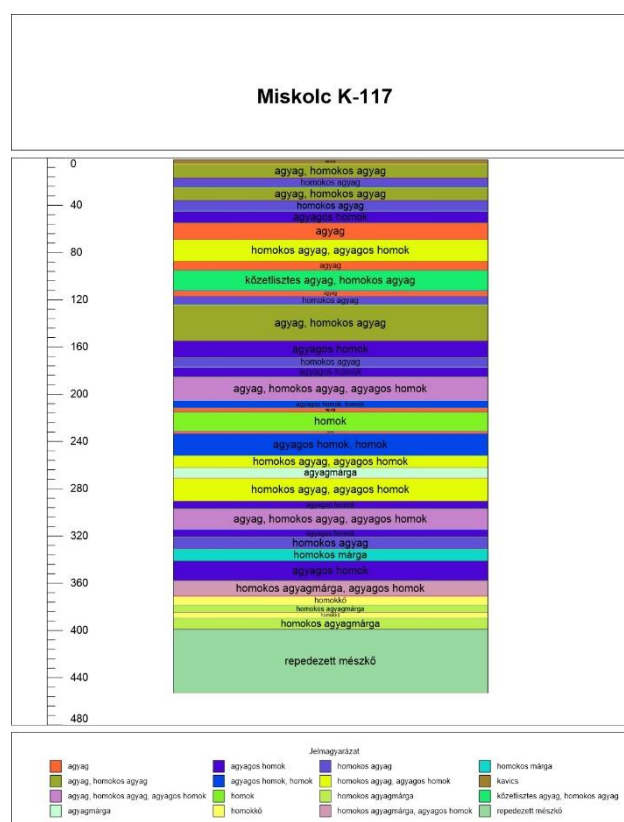
15. ábra Az Arnót K-17-es hévízkút rétegsora



16. ábra A Miskolc B-69-es hévízkút rétegsora

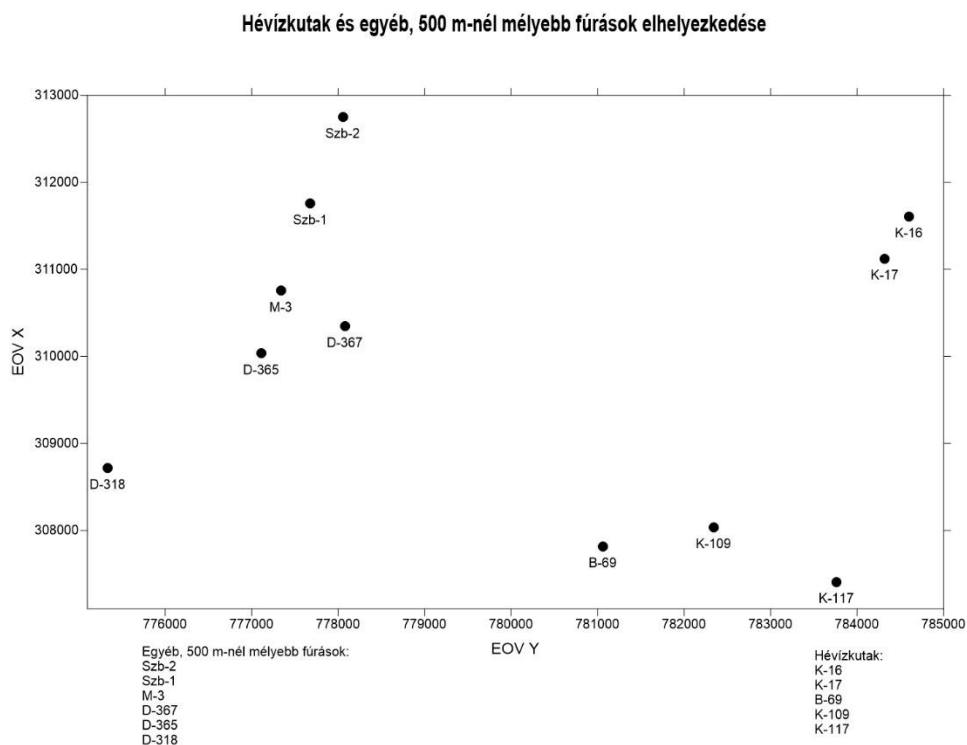


17. ábra A Miskolc K-109-es hévízkút rétegsora



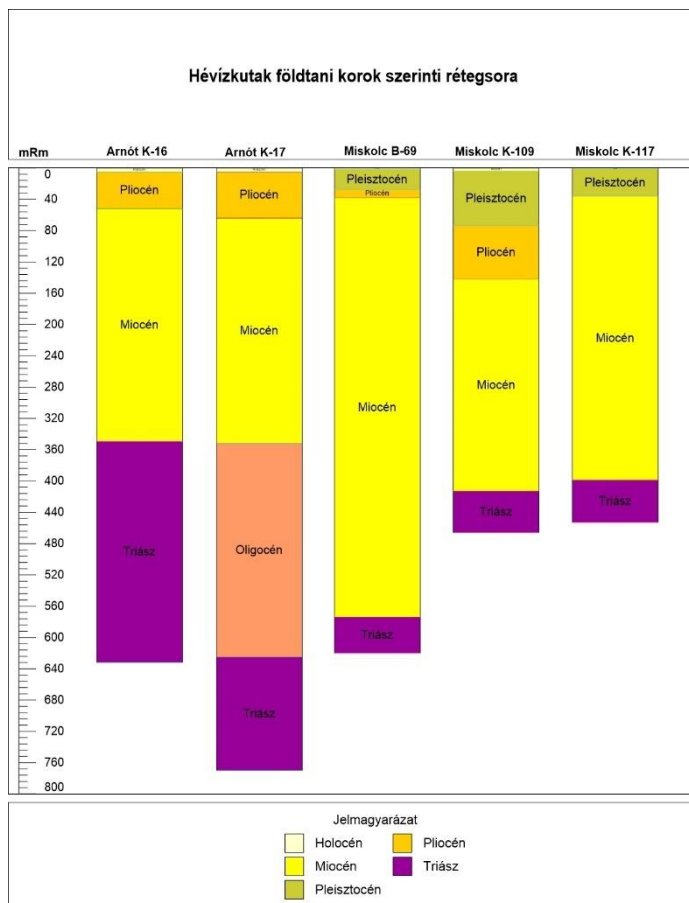
18. ábra A Miskolc K-117-es hévízkút rétegsora

A hévízkutak ábrázolása után a területhez legközelebb eső egyéb, 500 m-nél mélyebb fúrásokat is ábrázoltam a Golden Software Strater programban (19. ábra).

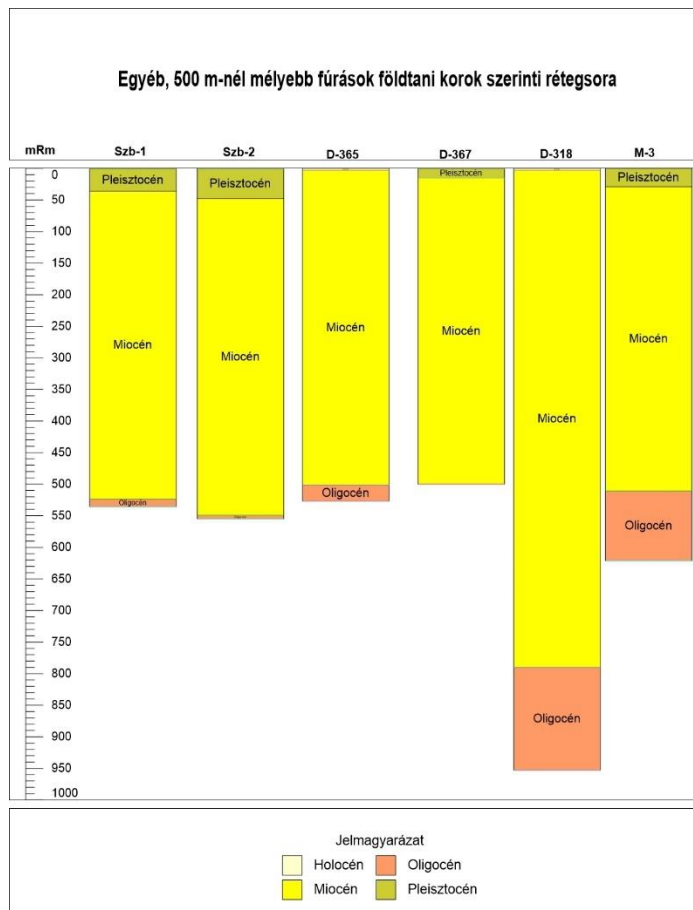


19. ábra Hévízkutak és egyéb, 500 m-nél mélyebb fúrások

Mivel az egyéb, 500 m-nél mélyebb fúrásokról nem állt rendelkezésemre részletes rétegsor, csak földtani kor szerinti rétegek, ezért mind a hévízkutak, mind az egyéb fúrások földtani kor szerinti rétegsorát elkészítettem a programban. Így a következő rétegsorokat kaptam a hévízkutak és a fúrások információi alapján (20-21. ábrák):



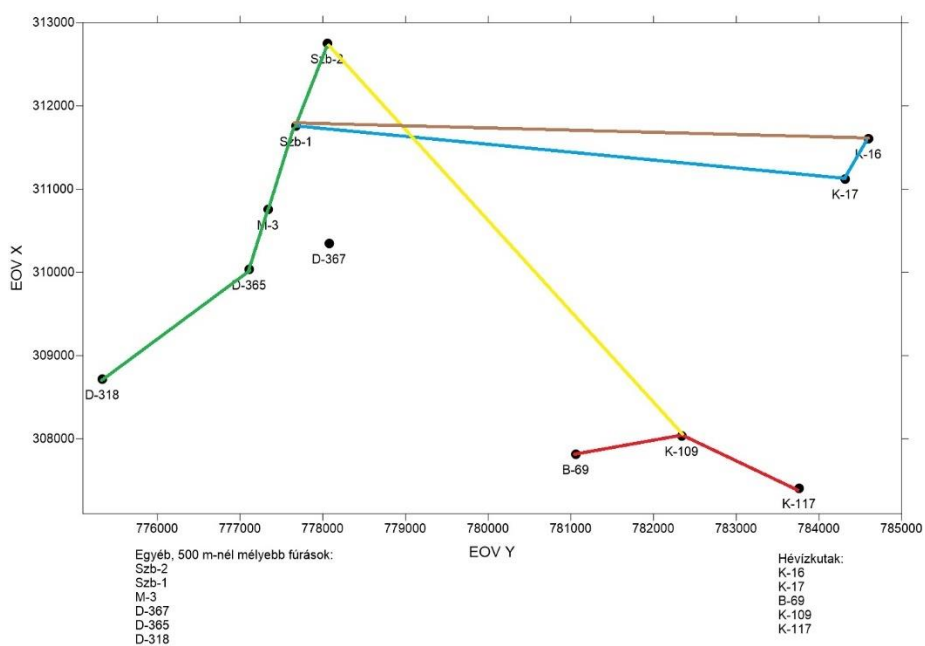
20. ábra Hévízkutak földtani korok szerinti rétegsora



21. ábra Egyéb, 500 m-nél mélyebb fúrások földtani rétegsora

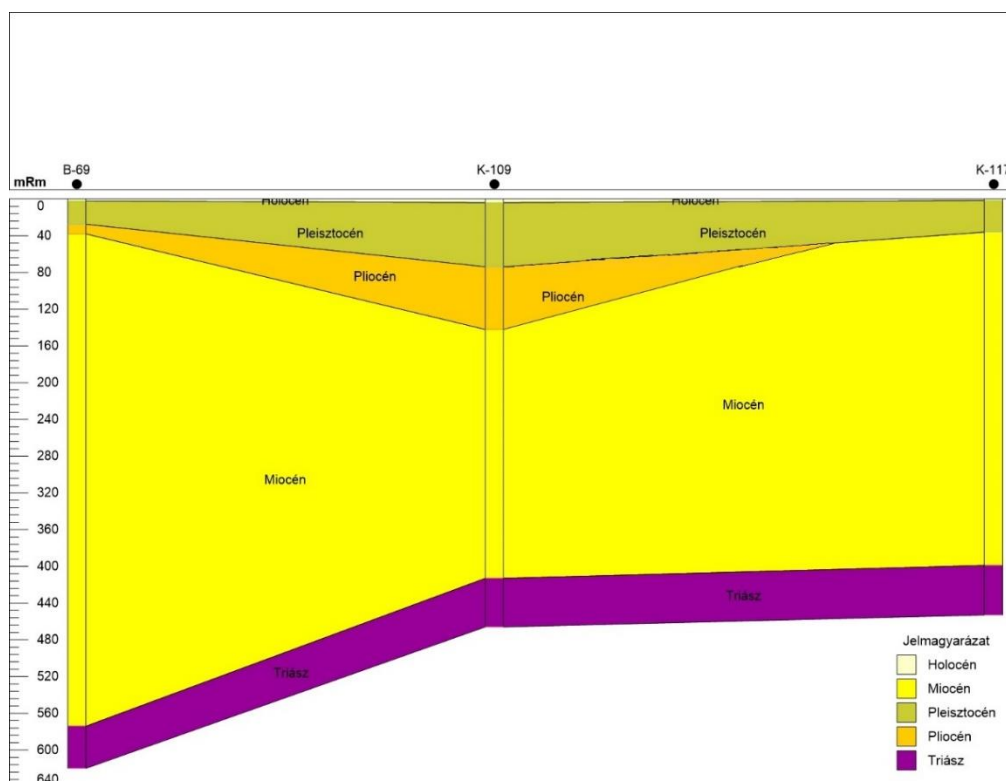
Miután a Strater programban megrajzoltam a földtani rétegsorokat, több keresztshelvényt is készítettem, melyek a 22. ábrán láthatók.

Hévízkutak és egyéb, 500 m-nél mélyebb fúrások elhelyezkedése

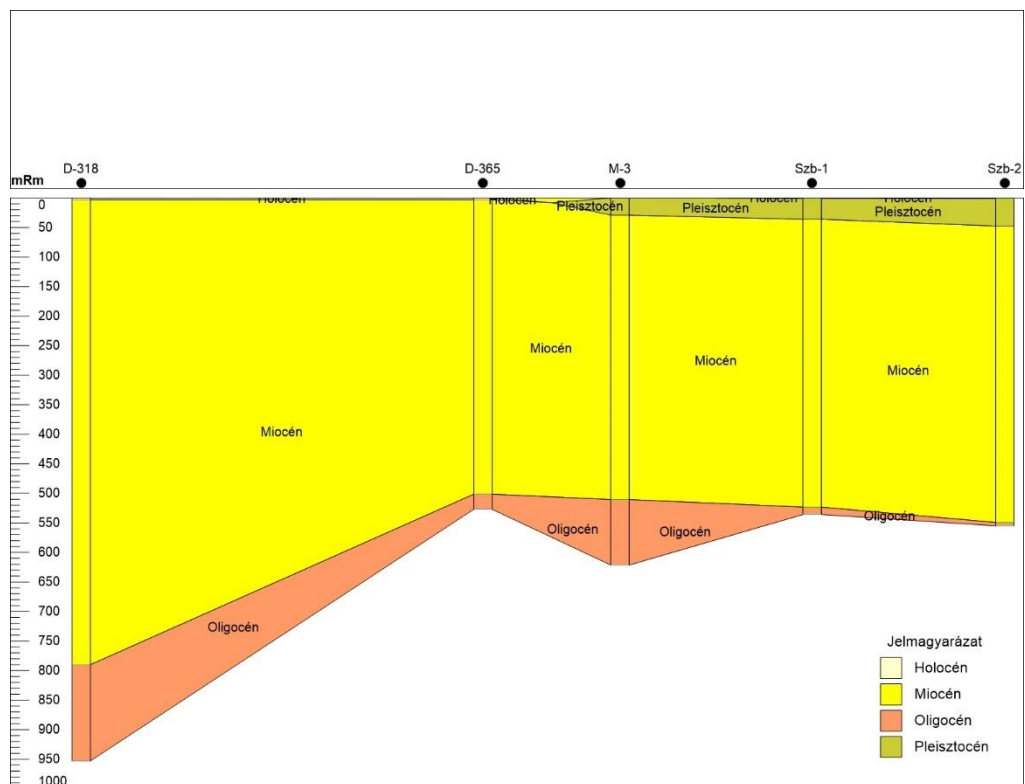


22. ábra Keresztshelvények készítése (1: piros; 2: zöld; 3: kék; 4: barna; 5: sárga)

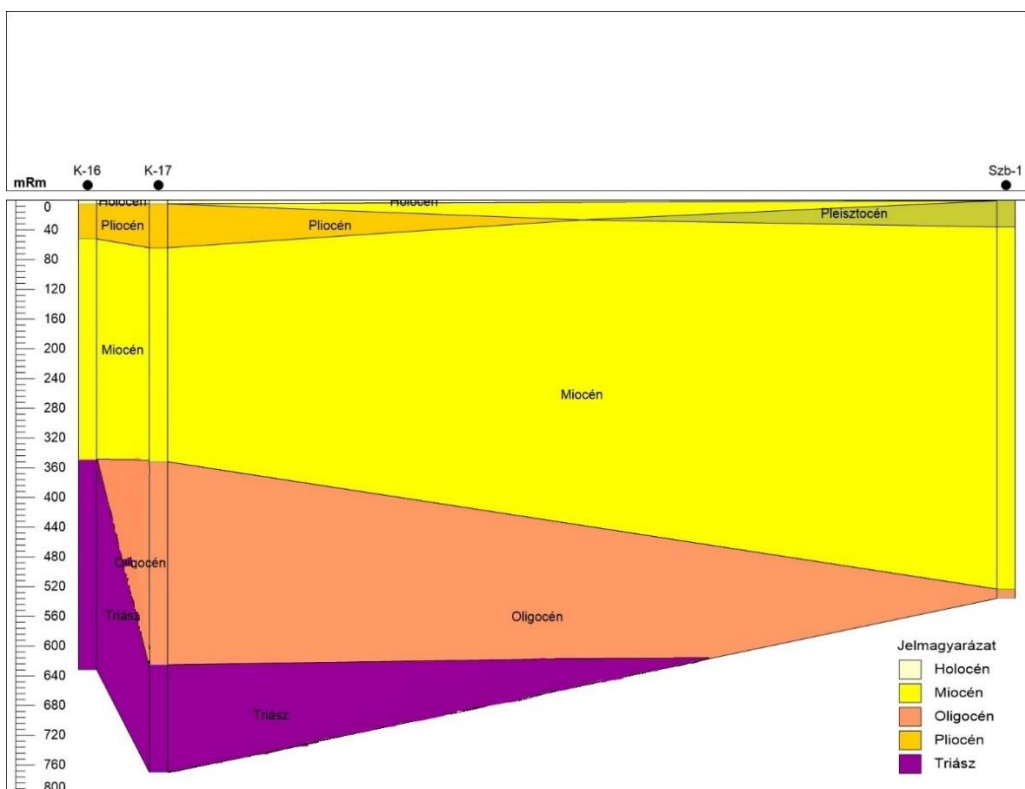
A 23-27. ábrákon szerepelnek az elkészített keresztmetszvények. A hévízkutak esetében a fúrás elérte a karbonátos vízáadó réteget, jelen esetben a triász, repedezett mészkövet. A cég területéhez legközelebb eső 500 m-nél mélyebb fúrások nem érték el a karbonátos vízádót.



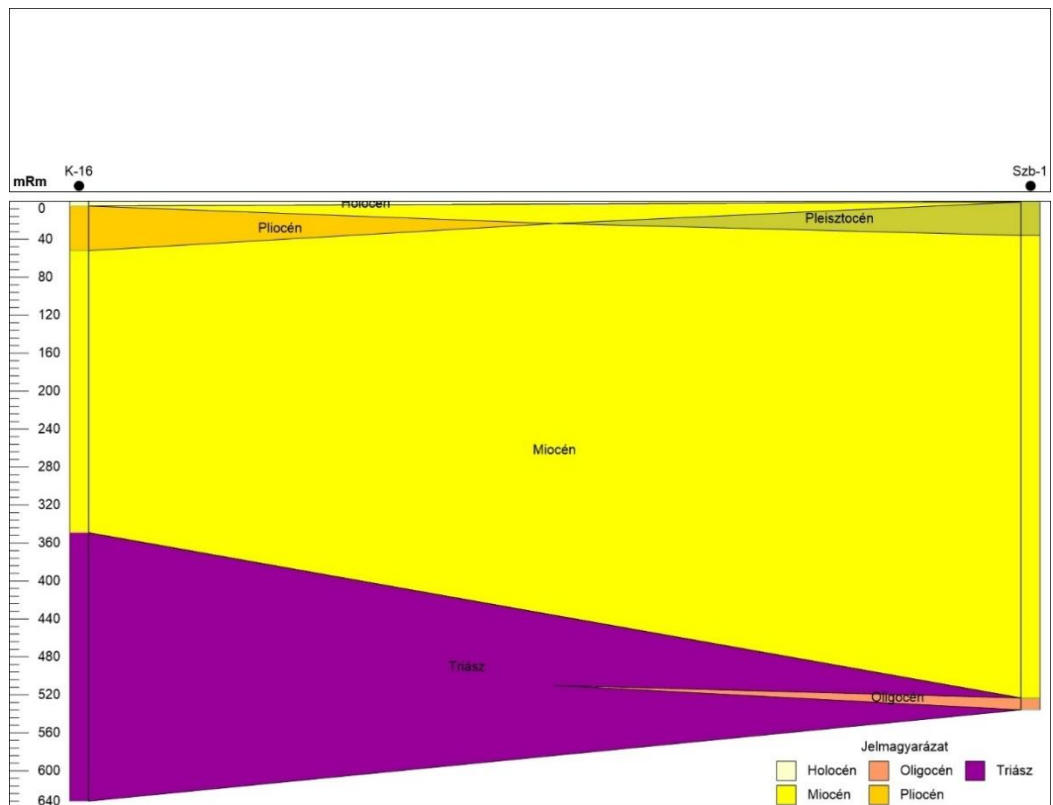
23. ábra Hévízkutak keresztmetszvénye



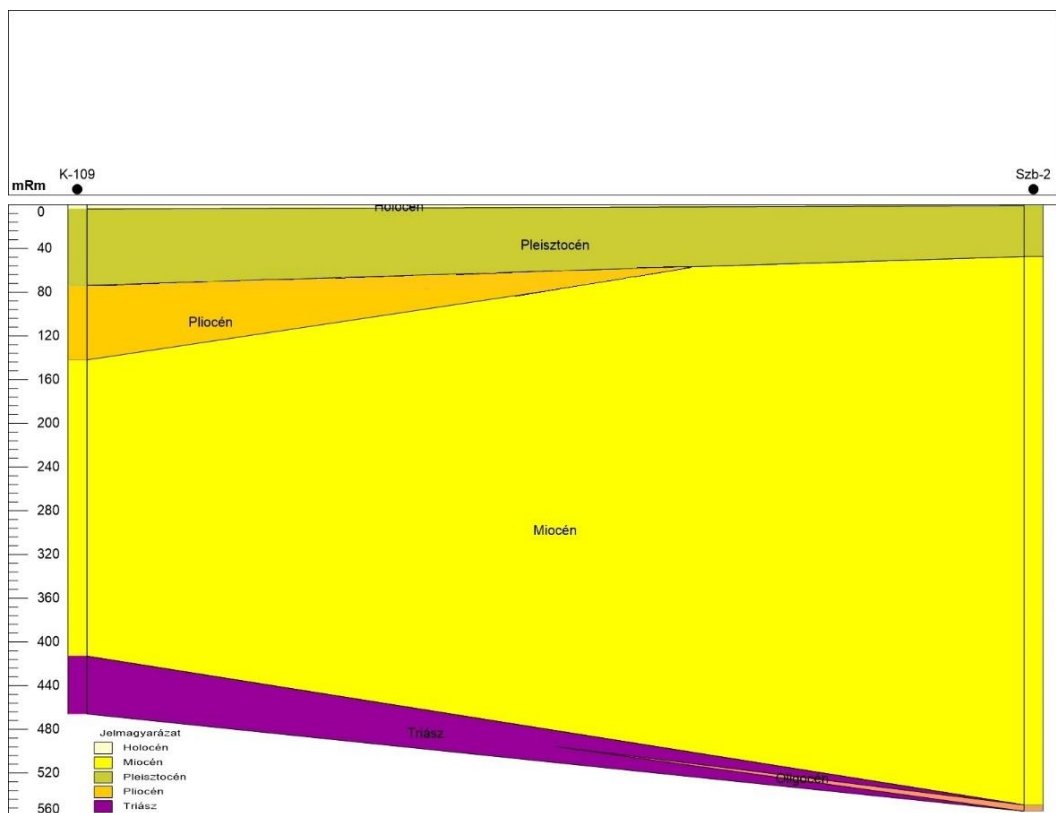
24. ábra Egyéb, 500 m-nél mélyebb fúrások keresztmetszévé



25. ábra A K-16; K-17 hévízkutak és Szb-1 fúrás keresztmetszévé



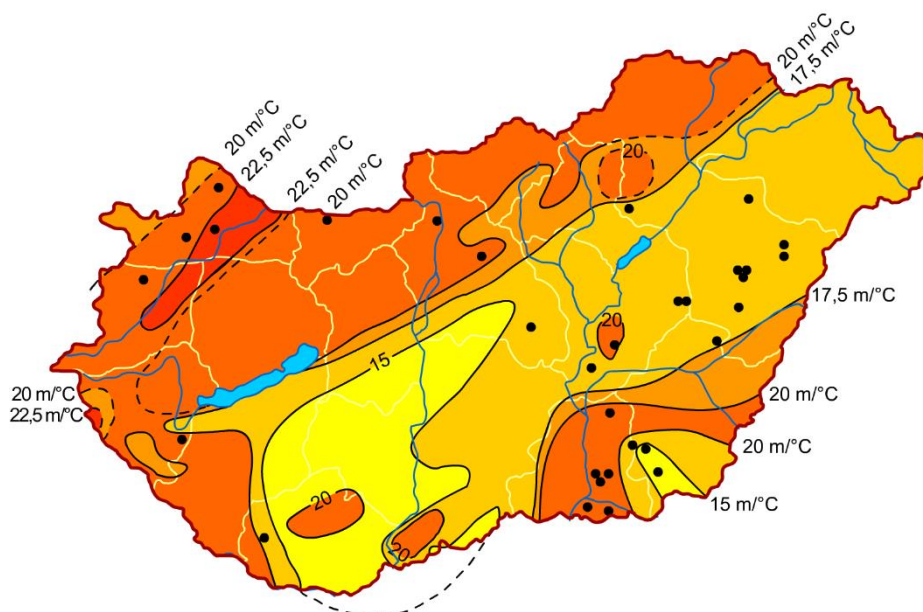
26. ábra A K-16 hévízkút és Szb-1 fúrás keresztmetszelvénye



27. ábra A K-109 hévízkút és Szb-2 fúrás keresztmetszelvénye

7. KÖVETKEZTETÉSEK

A vízföldtani naplók és a fúrási dokumentációk alapján a megbízó nagyvállalat területéhez legközelebb eső egyéb, 500 m-nél mélyebb fúrások nem érték el a miskolci hévízkutak által elért karbonátos vízadót, jelen esetben triász korú, repedezett mészkövet. Jó vízadónak számít még a felső-miocéni pannon és szarmata emelet is, ezért miocén korú réteg is lehet hévíztároló, azonban fontos tudni, hogy milyen mélyen helyezkedik el, mekkora a geotermikus gradiens értéke és milyen a kitermelhető hozam. A vizsgált területhez az Szb-1 fúrás helyezkedik el legközelebb, ahol a felső-miocén réteg 36-62 mRm mélységben található. A 28. ábrán lévő geotermikus gradiens értékeket figyelembe véve, Miskolc és Szirmabesenyő területén 17,5-20 m/°C értékkel számítva, körülbelül 0,05-0,057 °C/m értékkel lehet becsülni a hőmérsékletet. A vizsgált fúrásokban a felső miocén réteg nem húzódik elég mélyen. Legmélyebben a D-367-es fúrásban található, 217,7 m talpmélységben.



28. ábra Geotermikus gradiens értékei Magyarországon
(<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/mezogazdasag/muszaki-alapismeretek/magyarorszag-geotermikus-adottsagai-a-hazai-hevizhasznositas/geotermikus-metszet>)

Véleményem szerint nem Szirmabesenyőre létesíteném a cég számára a hévízkutat, mert az oligocén réteg, mely nem vízadó, kb. 500 m-es mélységtől kezdődik, ahol már akár a hőmérséklet is megfelelő lenne. Ahol megfelelő hőmérséklet és hozam is várható a következő települések: Miskolc, Arnót, Bócs, Sajóhídvég.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, *Prof. Dr. Szűcs Péternek*, hogy megismertetett a geotermikus energia és a karsztok témaköreivel és olyan lehetőséget biztosított szakmai fejlődésemhez, amiért mindig hálás leszek.

A vízföldtani naplók rendelkezésemre bocsájtásáért és szakmai tanácsokért köszönettel tartozom *Dr. Lénárt Lászlónak*.

Köszönet a *MS Energy Solutions Kft. összes munkatársának*, akik hasznos szakmai tanácsokkal segítették munkámat.

9. IRODALOMJEGYZÉK

Aujeszký G., Scheuer G. (1974.) Adatok a Bükk hegység karsztvízföldtani viszonyaihoz. Hidrológiai Közlöny, 54(3-4), pp. 173-183.

Balogh K. (1964.) A Bükk hegység földtani képződményei. Budapest: Magyar Állami Földtani Intézet évkönyve.

Baráz Cs., Hevesi A., Ilonczai Z., Pelikán P., Schmotzer A., Szitta T. (2009.) Bükk-fennsíki tanösvények. Tanösvények a Bükki Nemzeti Parkban 4., Eger, pp. 7-18.

Budai T., Konrád Gy. (2011.) Magyarország földtana. Egyetemi jegyzet, Pécsi Tudományegyetem, 2011, pp. 42-51.

Császár Géza (1997.) Magyarország litosztratigráfiai alapegységei. Budapest, pp. 70-107.

Csondor K., Erőss A., Borbás E., Kovács J., Lénárt L., Mádlné Szőnyi J., Horváth Á. (2015.) A Bükk-térség karsztrendszerének vizsgálata radionuklidokkal és többváltozós adatelemzési módszerekkel. XXII. Konferencia a felszín alatti vizekről. Siófok, 2015. április 8-9.

Darabos E., Miklós R., Tóth M., Lénárt, L., (2017.) A BKÉR adatainak felhasználása a karsztkutatásban. Műszaki Földtudományi Közlemények, 86(3), pp. 66-78.

Debnár Zs., Keresztes I., Mátyás G., Szabó M. (2011.) A termálkarszt víztestek bemutatása az ÉKÖVIZIG működési területén. A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat, 81. kötet, pp. 149-154.

Dövényi Z. (2010.) Magyarország kistájainak katasztere. Budapest: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet.

Gáspár E. (2009.) Magyarország geotermikus adottságai – Termálkarszt gyógyvizek Magyarországon. A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat, 77. kötet, pp. 181-188.

Izápi G., Maucha L. (1992.) A Bükk-hegység vízháztartási vizsgálata. A Bükk karsztja, vizei, barlangjai Konferencia, Miskolc.

Izápi G., Sárváry I. (1993.) Tájékoztató a magyarországi karsztos termálvíz előfordulások állapotáról. Budapest: Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézet.

Kovács A., Perrochet P., Darabos E., Lénárt L., Szűcs P. (2015.) Well hydrograph analysis for the characterisation of flow dynamics and conduit network geometry in a karstic aquifer, Bükk Mountains, Hungary. Journal of Hydrology 530, 484-499, doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.09.058.

Lénárt L. (2006.) A Bükk-térség karsztvízpotenciálja – A hosszú távú hasznosíthatóságának környezetvédelmi feladatai. Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek, III. évfolyam, pp. 17-28.

Lénárt L. (2008) Hideg, langyos és meleg karsztvíz-zónák a Bükkben és környezetében. Mineral Waters in the Carpathian Basin 5th International Scientific Conference. Csíkszereda. pp. 41-50.

Lénárt L. (2011a.) Hol van termálkarsztvíz a Bükk-térségben? Miskolci Egyetem, Multidiszciplináris tudományok, 1. kötet, 1. szám, pp. 291-298.

Lénárt L. (2011b.) A Bükk környéki termálkarszt lehatárolásának tudománytörténeti áttekintése 1907-től napjainkig. Karsztfejlődés XVI., Szombathely, pp. 9-20.

Lénárt L. (2017.) A 25 éves Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) története, adatrendszere, felhasználása, további céljaink

Lénárt L., Miklós R., Darabos E., Kovács A., Czesznak L., Pelczéder Á., Szűcs P. (2021.) A Bükk hegység karsztvízkészleteinek feltárása és hasznosítása. Hidrológiai Közlöny, 101. évf. 2. szám, pp. 31-43.

Lénárt L., Miklós R., Darabos E., Kovács A., Pelczéder Á., Szabó N. R., Szűcs P. (2020.) Karst water resources and their complex utilization in the Bükk Mountains, northeast Hungary - an assessment from a regional hydrogeological perspective. Hydrogeology Journal. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02168-0>.

Lénárt L., Szegediné Darabos E., Hernádi B. (2015.) A bükki hidegkarszt és a Bükk-térségi termálkarszt kapcsolatrendszere kutatási eredményeinek összefoglalása. KÚTFŐ projekt, Budapest, pp. 1-20.

Liebe P. (2001.) Tájékoztató. Termálvízkészleteink, hasznosításuk és védelmük. – Környezetvédelmi Minisztérium megbízásából készítette a VITUKI Rt. Hidrológiai Intézete, Budapest. 21.

Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) (2016.) Sajószöged szénhidrogén koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentése. Budapest, pp. 36-58.

Miklós R. (2022.) A Bükki karsztrendszer hidrogeotermikus jellemzése komplex karszthidrogeológiai vizsgálatokkal. Miskolci Egyetem, Doktori értekezés.

Pelikán P., Less Gy., Kovács S., Pentelényi L., Sásdi L., Budai T. (2005.) A Bükk hegység földtana. Magyarázó a Bükk-hegység földtani térképéhez (1:50 000). Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 2005. ISBN 963 671 253 0, pp. 11-173.

Rybach L., Lenkey L., Hámor T., Mádlné Szőnyi J. (2008.) A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon. Ajánlások a hasznosítást előmozdító kormányzati lépésekre és háttér tanulmány. p.97.

Schréter Z. (1954.) A Bükk hegység régi tömegének földtani és vízföldtani viszonyai. Hidrológiai Közlöny 34 (7-8), pp. 287-294.

Vízföldtani napló, 2011. K-16, Arnót. Cegléd: VIKUV ZRT.

Vízföldtani napló, 2011. K-17, Arnót. Budapest: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Vízföldtani Osztály.

Vízföldtani napló, 1963. B-69, Miskolc. Debrecen: OVF. Vízkutató és Fúró Vállalat.

Vízföldtani napló, 1986. B-109, Miskolc. Budapest: VITUKI.

Vízföldtani napló, 1988. K-117, Miskolc. Budapest: VITUKI.

INTERNETES FORRÁSOK LISTÁJA:

<https://map.mbfisz.gov.hu/>

<https://map.mbfisz.gov.hu/atlasz200/>

<https://map.mbfisz.gov.hu/ogre/>

<https://map.mbfisz.gov.hu/preterc500/>

<https://map.mbfisz.gov.hu/sekelygeotermia/>

<https://map.mbfisz.gov.hu/tvz/>

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/HU_subregion_6.5.1. K%C3%B6zponti-B%C3%BCkk.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/HU_subregion_6.5.1_K%C3%B6zponti-B%C3%BCkk.png)

<https://www.bukkegyseg.hu/tudaszbazis/altalanos-informaciok/hegyeinkrol/bukk>

<https://tudaszbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/mezogazdasag/muszaki->

[alapismeretek/magyarorszag-geotermikus-adottsagai-a-hazai-hevizhasznositas/geotermikus-metszet](https://tudaszbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/mezogazdasag/muszaki-alapismeretek/magyarorszag-geotermikus-adottsagai-a-hazai-hevizhasznositas/geotermikus-metszet)

10. MELLÉKLETEK

Formációk jellemzése

Bervai Mészke Formáció (^bT₂₋₃): Fehér, világosszürke, sötétszürke színű platform mészke, biogén zátony és ciklusos lagúna fáciesekkel. Enyhén gyűrt. Legnagyobb vastagsága 350 m (Császár, 1997).

Fehérkői Mészke Formáció (^fT₂₋₃): Világosszürke, tömeges-pados megjelenésű, egyes szakaszain lofer-ciklusos karbonátplatform kifejlődésű mészke („felső-anizuszi mészke”). A formáció metamorf foka a mélydiagenetikus zónától az anchizóna nagyhőmérsékletű részéig terjed. Összetétele területileg változó. Vastagsága 400 m körüli (Császár, 1997).

Bükkfennsíkai Mészke Formáció (^{bf}T₃): Nagy vastagságú, karbonátplatform fáciesű, világosszürke, anchimetamorf mészke („fennsíkai mészke”). Elkülöníthetők benne korallós zátony, finomrétegzett lagúna és krinoideás mélyebb vízi kifejlődések. Vastagsága elérheti az 1000 m-t (Császár, 1997).

Kisfennsíkai Mészke Formáció (^{kf}T₃): Karbonát platform fáciesű, uralkodóan világosszürke, egyes területeken fehéressárga színű mészke, Megalodontidae kagylókkal. Általában vastagpados vagy tömeges megjelenésű, finoman rétegzett részleteket ritkán tartalmaz, olykor lofer ciklusos. Viszonylag gyakori a szingenetikus breccsásodás. Vastagsága nem ismert, több száz m is lehet (Császár, 1997).

Nagyvisnyói Mészke Formáció (ⁿP₂): Elzárt lagúna fáciesű, vékonypados fekete mészke, márga és mészmárga közbetelepülésekkel, alsó részén gyakori dolomitosodott testekkel. Gazdag mikro- és makrofauna, valamint mikroflóra együttest tartalmaz. Vastagsága 300 m (Császár, 1997).

Gerennavári Mészke Formáció (^gT₁): A self külső, erősen mozgatótt részén és védettebb medencéiben képződött világosszürke, szürkésbarna, ooidos és lemezes mészke, barnássárga márga közbetelepülésekkel. Anchizonális metamorfózist szenvedett. A Nagyvisnyói Mészkeből gyors átmenettel fejlődik ki. Vastagsága 140 m (Császár, 1997).

Hátori Dolomit Formáció (^hT₂): A karbonátos platform védett, belső részén képződött szürke, sötétszürke dolomit, amely részben rétegzetlen, részben pados megjelenésű, a padokon belül laminációval, dasycladaceás, foraminiferás, gasztropodás rétegekkel. Tetején helyenként korallós, foltzátony eredetű mészkebreccsa (Nyavalyási Mészke Tagozat), és abráziós konglomerátum (Sebesvízi Konglomerátum Tagozat) képződött. Vastagsága 400 m körüli (Császár, 1997).

Felsőtárkányi Mészke Formáció (^{ft}T₃): Pelágikus intraself medence fáciesű szürke, pados, helyenként tűzköves mészke, márga közbetelepülésekkel. Mikrofaciése ostracodás-szivacsstűs és radiolariás-filamentumos. Enyhén gyűrt. Vastagsága 300-500 m (Császár, 1997).

Bükkzsérci Formáció (^bJ₃): Ooid turbiditekből felépülő, pados-vastagréteges kifejlődésű mészke, fekete agyagos aleurolitban. Vastagsága eléri a 150 m-t (Császár, 1997).

Szilvásváradai Formáció (^sC₂): Turbidites kifejlődésű, sötétszürke, fekete színű, homokkő, aleurolit és agyag finomritmusú váltakozásából felépülő sorozat, aprószemű polimikt konglomerátum és kavicsos homokkő közbetelepülésekkel, ősmaradványmentes, anchizonális metamorfózis hatására palásodott. Vastagsága az 1000 m-t is meghaladhatja. Kora nem ismert, a Mályinkai F. fekéjében települ (Császár, 1997).

Szentléleki Formáció (^sP₂): Arid klímájú, síkparti homokkő és sabkha fáciesű evaporitos összet. Alsó, 100-300 m vastag része fehéres szürke, zöld, vörös, lila foltos homokkő és aleurolit (Farkasnyaki Homokkő Tagozat). Felső része 120-150 m vastag zöld agyagkő, dolomit, gipsz-anhidrit, alján és tetején vöröscsíkos zöld agyagkővel, belsejében zöld agyagkő, dolomit, gipsz-anhidrit sűrű, rétegszerű váltakozásával, közepén algás-foraminiferás mészke betelepüléssel (Garadnavölgyi Evaporit Tagozat). Kora nem ismert, a Nagyvisnyói F. fekéjében települ (Császár, 1997).

Lökvölgyi Pala Formáció (^{lv}J₂₋₃): Turbiditekből felépülő, uralkodóan sötétszürke színű agyagos aleurolit, vékony homokkő rétegekkel, ritkán konglomerátum lencsékkel. Anchizonális metamorfózis hatására palásodott. Vastagsága az 1000 m-t is meghaladhatja (Császár, 1997).

Vaskapui Homokkő Formáció (^{vk}J₁): Világosszürke kovásodott homokkő, szénült növény töredékekkel, néhol szenes agyag rétegekkel. Gabbró intrúziókat tartalmazhat. (Nem hivatalos megnevezése: tardosi gabbró.) Fáciése, helyzete, kora bizonytalan, vastagsága nem ismert (Császár, 1997).

Szép völgyi Mészke Formáció (^sE₃): Platform és szublitorális fáciesű világosszürke mészke, mészmárga, gyakori-tömeges Nummulites, Discocyclina, Lithothamnium maradvánnyal („felsőeocén mészkeösszet”, „Nagysápi F”). Vastagsága néhány tíz m, max. 250 m (Császár, 1997).

Mályinkai Formáció (^mC₂): Sekélytengeri, néhol gyengén rétegzett terrigén finomtörmelék és mészke váltakozása. A törmelék sötétszürke, fekete színű homok, aleurit, agyag változó arányú elegye, polimikt kvarcit-konglomerátum lencsékkel. A 10-50 m vastag mészke testek világosszürke, sötétszürke színűek, helyenként algás, korallós, krinoideás és fuzulinidás

fáciesekkel. Anchizonális metamorfózis hatására palásodott. Maximális vastagsága 400 m (Császár, 1997).

Ablakoskővölgyi Formáció (^{av}T₁): Sekély szublitorális fáciesű, rétegzett tarka homokkő, lemezes mészkő, agyagmárga és mészmárga rétegcsoport. Anchizonális metamorfózist szenvedett. Négy tagozatra osztható. Alul homokos mészkőlencsét is tartalmazó tarka homokkő (Ablakoskővölgyi Homokkő Tagozat), fölötte márga közbetelepüléssel mészkő (Lillafüredi Mészkő Tagozat), majd a mészmárga-márgás mészkő sűrű váltakozásából felépülő Savósvölgyi Márga Tagozat, végül legfelül a féregjáratos sötétszürke mészkő (Újmassai Mészkő Tagozat) következik. Vastagsága 300 m körüli (Császár, 1997).

Vesszősi Formáció (^vT₃): Elzárt, mélyebb medencében létrejött fekete, zöldesfekete, kissé karbonátos agyag- és aleurolitpala, helyenként barnás homokkőpala („alsó-középső-ladini pala”). Zöldes, tufás palaszintek közbetelepülése több helyen ismert. Az anchizóna magas hőmérsékletű szakaszára jellemző metamorfózison ment át. Vastagsága 150-200 m. Kora bizonytalan (Császár, 1997).

Oldalvölgyi Formáció (^oJ₃): Mélyvízi kifejlődés fekete, palás aleurolit, benne mudstone szövetű mészkő rétegekkel, lencsékkel. Vastagsága több száz m (Császár, 1997).

Mónosbéli Formáció (^mJ₃): Mélyvízi kifejlődésű fekete, palás aleurolit, mészkő olisztosztróma testekkel. (A sekélytengeri kifejlődésű mészkőtöredékek zöme késő-dogger-malm.) Vastagsága meghaladja a 100 m-t (Császár, 1997).