



Lorberterv Vízföldtani tervező Kft.
1068 Bp. Szondi u. 90 4/2 tel: 1-269-1051 drópposta: info@lorberterv.hu



**Budapest belvárosban, a József nádor tér alá
tervezett mélygarázs talajvízre gyakorolt
hatásainak a modellvizsgálata**
(mélygarázs hidrogeológiai hatástanulmánya)

Megrendelő: OTP Ingatlan Zrt.

Konzulens: Egyed&partner ziviltechnikerges m.b.h

A szakvéleményt készítette:

Lorberer Árpád Ferenc

okl. geológus, **LORBERTEV Kft**

Budapesti Mérnöki Kamara 01-10689 számú tagja

Vízügyi és Geotechnikai Tervező

Konzulens:

Dr. Vásárhelyi Balázs okl. építőmérnök

Mérnöki kamarai szám: 01-9515

Budapest, 2011. szeptember 21.

A szakvélemény 20 számozott oldalt tartalmaz

Tartalomjegyzék:

I. Előzmények, a szakvélemény tárgya	3
II. Mélyépítési műtárgy alapadatai, felhasznált tervdokumentációk.....	5
III. A terület általános geológiai és vízföldtani jellemzése	7
III.1. Mélyföldtan	7
III.2. Dunai teraszüledékek vízföldtani jellemzése	8
III.3. Felszínközeli földtani felépítés bemutatása.....	12
III. A hidrogeológiai modell bemutatása.....	13
IV. A modellszámítás eredményeinek az ismertetése	16
IV. 1. Modelleredmények ismertetése.....	16
IV. 2. Modelleredmények összefoglalása	19
V. Összefoglalás.....	21

Szövegekzi ábrák listája:

1. A tervezési terület elhelyezkedése a környező mélygarázsok és a modellterületek jelölésével
2. ábra: A tervezett mélygarázs térbeli elhelyezkedésének vázlata
3. ábra A mélygarázs kialakítás és kihorganyzás keresztirányú szelvénye: (Puskás B és Vásárhelyi B.)
4. Az Erzsébet-téri mélyfúrás rétegoszlopa
5. Budapest kavicssterasz-szintjeinek települése (Pesti M.)
6. A Dunai kavics-teraszok vízszint-eloszlása (Szócs G.)
7. A tervezési terület környékének topográfiai térképe a maximális talajvízszintek jelölésével
8. ábra: A téren lemélyült talajmechanikai fúrások általunk megrajzolt rétegszelvényei:
9. ábra: Átnézetes modellterület cellaosztása és kiindulási talajvízszintjei
10. ábra: A teljes átnézetes vizsgálati területen a második modellrétegben a számítás szerint a többi garázs hatására kialakult modellezett vízszint-eloszlás
11. ábra: Részletes modellezés kiindulási cellaosztása és kiindulási vízszintjei
- 12./a-b-c ábrák: Részletes modell eredményéül kapott vízszinteloszlások az első (feltöltés) és a második (kavicsos vízadó) ill. harmadik (feküagyag) rétegekben
- 13./a-b ábra: Részletes modell eredményéül kapott vízszinteloszlás az 1. és 2. rétegben a horganyzás hatásának közelítő figyelembevételével
14. Mélygarázs közvetlen környékének a helyszínrajza a modellezet centiméteres hatásterületek kiterjedésének a jelölésével

I. Előzmények, a szakvélemény tárgya

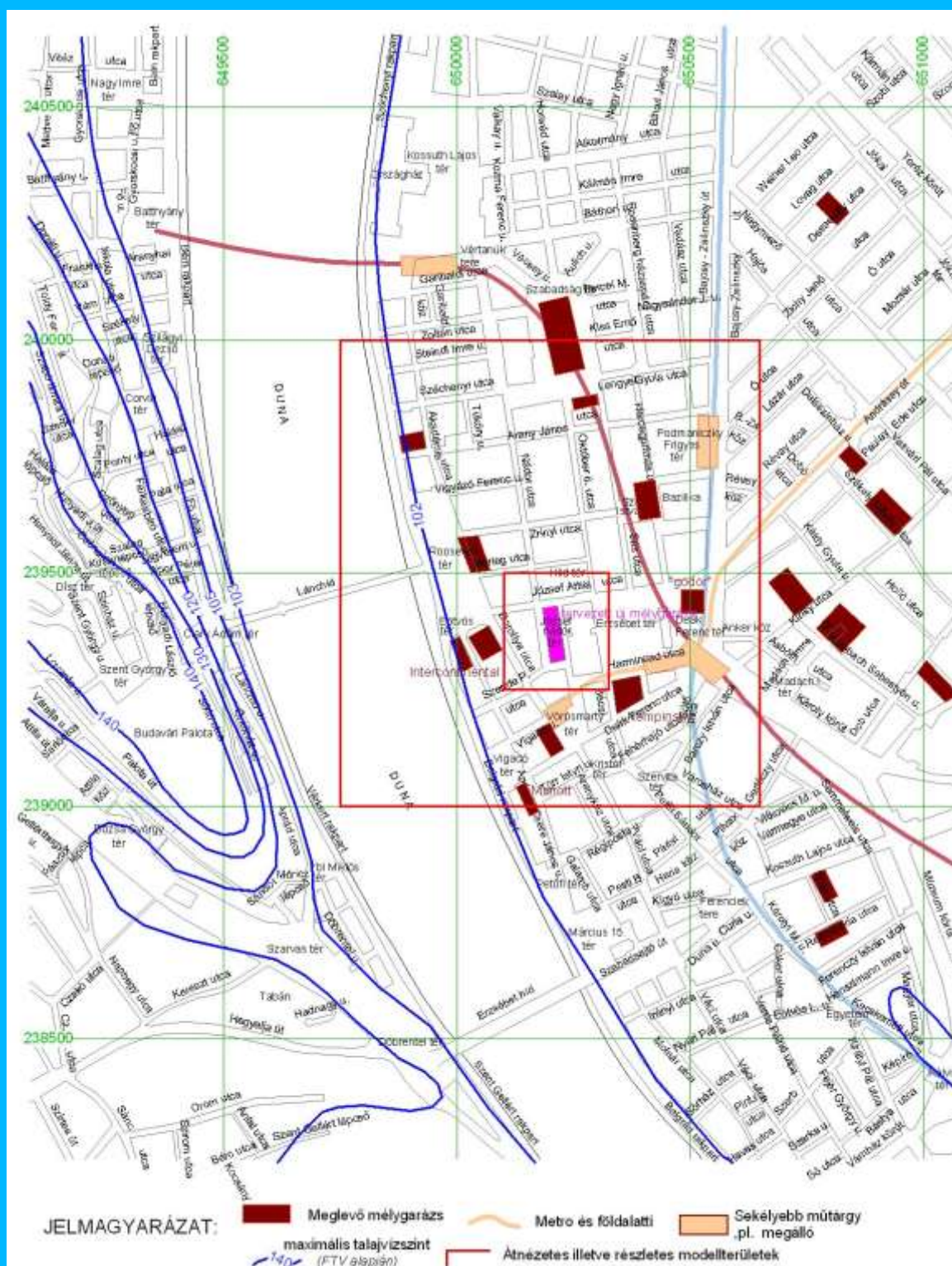
A vizsgált terület a belvárosban található a Duna és az Erzsébet-tér között. A telken a szomszédos Erzsébet-téri mélygarázshoz hasonló mélyépítési létesítmény beruházását kezdte meg az *OTP Ingatlan Zrt.* A mélygarázs előzetes talajmechanikai szakvéleményét és hidrogeológiai hatástanulmányát *Dr Mecsí József* kolléga készítette el. A munkatér-lehatárolásról külön tervet készítettek Puskás Balázs és Vásárhelyi Balázs kollégák, majd egy rövid tervezői szakvéleményben ők is nyilatkoztak az építmény hidrogeológiai hatásairól.

A mélygarázs engedélyezése során érintett Környezetvédelmi Főfelügyelőség a terveket áttekintve a hidrogeológiai hatástanulmány további kiegészítését kérte.

A *Lorberterv Kft* vállalta fel megfelelő tartalmú új hidrogeológiai hatástanulmány elkészítését. Az építmény alaptestjének a felszín alatti vízáramlásra gyakorolt hatását az előírásnak megfelelően szakvéleményünkben az építési adatok előzetes szimulációjával számszerűsítjük.

A sűrűn beépített és nagy forgalmat vonzó belvárosi területen már igen sok hasonló mélyépítési műtárgy létesült. A környező mélygarázsok mindegyike lokálisan befolyásolja a helyi vízáramlást, így érdemes helyüket összefoglalóan bemutatni. A munka keretében ezért bejártuk a helyszín környékét a közeli mélygarázsok helyének meghatározására, és részben helyszíni, részben térképi adatok alapján a méretüket is megbecsültük. (Az illetékes belvárosi önkormányzat műszaki osztálya nem adott át adatokat a kerületi mélygarázsokról és a tervekbe való betekintést sem tették lehetővé.)

Az **1. ábrán** mutatjuk be a tervezési terület elhelyezkedését átnézetes térképen a környező hasonló mélyépítésű épületek jelölésével. A térképen feltüntettük a mélygarázsokon kívül a földalatti és metró nagyobb lejáróit, illetve nyomvonalait (az óvóhelyeket nem jelöltük). A tervezett mélygarázs méretét tekintve a környéken láthatólag közepesnek mondható. A Duna felé a közelbe még két mélygarázs települt, ezek hasonló árnyékoló hatását érdemes egy pontos modellhez figyelembe venni a tervezett műtárgynál.



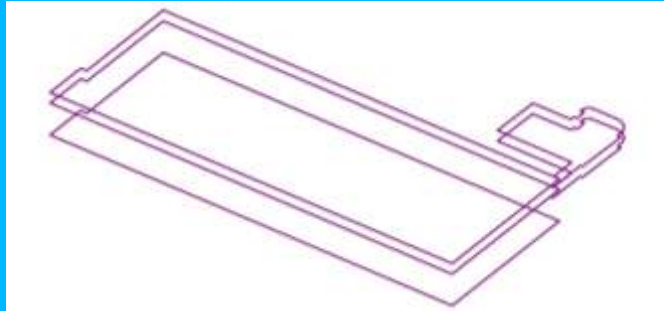
I. ábra: A tervezési terület elhelyezkedése az általunk ismert környező mélygarázsok és a modellterületek jelölésével

II. Mélyépítési műtárgy alapadatai, felhasznált tervdokumentációk

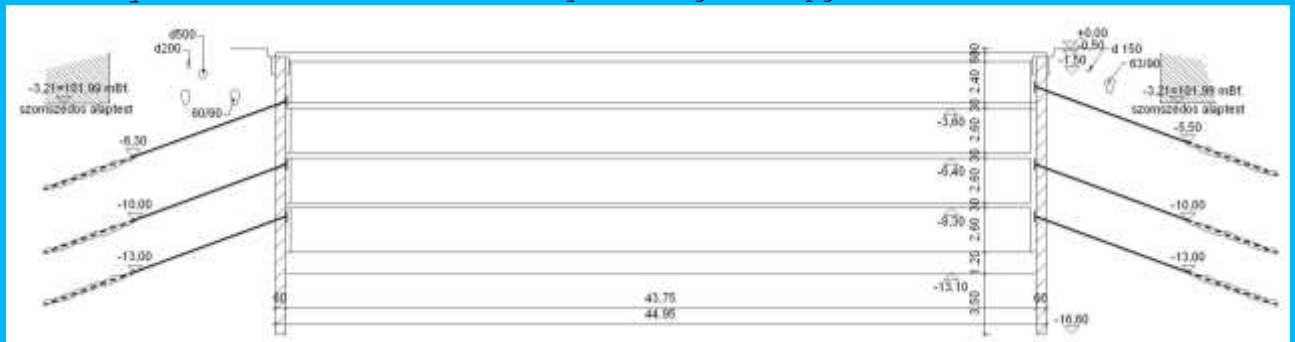
Az építész tervdokumentáció, és a munkatér-lehatárolási terv alapján a munka szempontjából lényeges építményadatok:

- A beépítendő terület tájolása nem teljesen É-D irányú, és a Duna medrével is közel párhuzamos
- A mélygarázs részfalának külső méretei: **hosszirányban 121,7 méter**, a folyóra merőleges **keresztirányban pedig 44,95 méter**. A téglatest alaktól csak az ÉNy-i sarokpontnál van eltérés, ezt a számításban figyelembe vettük (lásd **2. ábra**).
- Az építési nulla szint 105,20, a **terepszint** kissé magasabb, **105,59 mBf** ez alatt létesülő -4 szint mélygarázssal, melyek közül a legfelső nulladik szintnek van nevezve.
- A garázs ún. 0. szintje a többenél egy irányban kissé nagyobb, kinyúlik keletre egy szomszéd ház alá. Ennek a talpszintje -4 m. azaz 101,20 mBf.
- A -3 garázs-szint padlómagassága - 12,92 m (=92,28 mBf) A kapott metszetrajzok alapján a legalsó mélygarázs lemezalap (kőzet felőli) szintje -13,1 méter (=92,1 mBf) szintben lesz.
- Az oldalsó résfal aljzat-mélysége -16 méter, azaz 89 mBf. A résfal az alapszint alá nyúlik tehát 3 méterrel, e három méterből azonban csak az alsó 1,5 méter maradhat meg háborítatlan kőzetállapotban, a felső zóna lecserélésre kerül.
- A résfal oldalirányban ki is lesz horganyozva, a teret szegélyező utcák alá oldalra 7-13 méterre, de messze nem olyan sűrű elrendezésben, hogy ez különálló vízáramlás-befolyásoló tényező legyen. (**3. ábra**)
- A szomszédos épületek alaplemezének jellemző magassága -3,21 m, azaz 101,99 mBf a munkatér-lehatárolási anyagban szereplő szelvény szerint.
- A mélygarázs csak a tér központi részét érinti. A mélygarázs és az épületek között levő több méternyi parkoló minden irányban megmarad.
- A helyszín távolsága a Dunától 255 méter, a legközelebbi, a folyó felé eső mélygarázstól kb. 105 méter, a délebbre eső földalatti kéregvasút vonalától pedig csak kb. 70 méter.

2. ábra: A tervezett mélygarázs térbeli elhelyezkedésének vázlata



3. ábra: A mélygarázs kialakítás és kihorganyzás keresztirányú szelvénye (Puskás B és Vásárhelyi B. rajza alapján)



A József nádor tér mélyépítése kapcsán készült felhasznált tervdokumentációk:

- Dr. Mecsi József: Előzetes adatszolgáltatás a József Nádor téri mélygarázshoz - talajrétegződés
- Dr. Mecsi József: Hidrogeológiai szakvélemény
- Dr. Mecsi József - Módosék fúróbrigád (2007): 3 talajmechanikai fúrás jegyzőkönyve a József Nádor térről
- Puskás Balázs - Dr. Vásárhelyi Balázs: (2011): Bp. V. József Nádor tér építési eng. ter. kiegészítés - beépítés hatása a talajvízszint helyzetére kézir. OTP Ingatlan Zrt.
- Mélygarázs építészeti tervdokumentációja, digitális másolat, kézir. OTP Ingatlan Zrt.
- Lorberer Á. F. (2006). Desseffy utca 32. tervezett négyszintes mélygarázs hidrogeológiai hatástanulmánya kézir. A4 Építész Stúdió, Lorberterv Kft.
- Szentés László - Lorberer Á.F. : (2005) Elizabeth center részfalaz lezárásának előzetes környezeti hatásvizsgálata kézir. Lorberterv Kft.

Általános irodalmak:

- Hajnal Géza (2008): *Városi hidrogeológia* Akadémiai Kiadó
- FTV: *Budapest Építéshidrologiai Atlasza M=1:20.000* (1988)
- Kisdiné, Raincsákné, Szabóné (1983): *Budapest területének építésföldtani térképe* MÁFI térképsorozat M=1:40.000
- Rétháti László (1974): *Talajvíz a mélyépítésben* kézikönyv, Akadémiai Kiadó

III. A terület általános geológiai és vízföldtani jellemzése

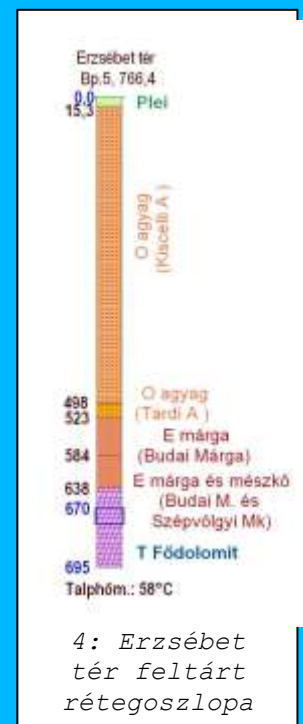
III.1. Mélyföldtan

A konkrét hidrogeológiai tanulmány elkészítéséhez részletes földtani leírásra nincs szükség, elegendő rövid általános jellemzés. A közvetlen közelben a szomszédos Erzsébet-téren létesült egy ma is működő karsztvízszint-figyelő kút, amelynek a rétegoszlopa jól jellemzi a mélyföldtani felépítést, (lásd ábra).

A terület alapkőzete a talajmechanikai szakvélemény szerint Kiscelli Agyag. Ez lehetséges a közeli mélyfúrás alapján, de nem vehető bizonyosra. A terület részletes, alaposa adatok alapján szerkesztett építésföldtani térképe szerint ugyanis ezen a területen az alapkőzet az Ún. *Becskei Formáció*, ez alatt települ a *Törökbálinti homokkő*, majd csak ez alatt várható a *Kiscelli Agyag*. (Kőzettani szempontból a felső- és középső-oligocén korú rétegek tényleg elég könnyen keverhetők.)

A *Becskei Formáció* agyagkő és homokkő váltakozásából álló, tömegében vízzáró jellegű üledék, a *Kiscelli Agyag*hoz hasonlóan. Vízzárósága hasonló, rétegvastagsága viszont jóval kisebb annál. A *Becskei formáció* vastagsága telek alatt kb. 40 méter, a *Törökbálinti* típusú meszes és agyagos cementált homokkőé pedig kb. 0-50 méter lehet; amennyiben a helyszín alatt is települ, ez utóbbi kőzet alkothat elkülönülő mélyebb zárt rétegvízadót.

Az építésföldtani térkép szerint az alaphegységen belül kimutatott vető-szerkezet nincsen a telek közelében, a legközelebbi ilyen tektonikus határvonal távolabb a Duna mederszélénél húzódik. Amennyiben a garázsalap feltárása, a munkagödör kiásása során esetén feltűnő inhomogenitás észlelhető, annak értékelésére ki kell hívni a talajmechanikus és hidrogeológus tervezőt, mert a nagyobb törésszóna esetén a hidrogeológiai hatások se mindig elhanyagolhatóak.



III.2. Dunai teraszüledékek vízföldtani jellemzése

A terület legjellemzőbb üledéke a Duna alsó **kavicsterasza**, amelyet az összes környező feltáró fúrás leír, a legtöbb korábbi talajmechanikai furat ebben a rétegben akadt el.

Az oldalsó. **4. ábra** Budapest kavicsterasz-szintjeinek térképe (Pécsi Márton nyomán).

A belvárosi terület a pontozással jelölt legfiatalabb, és legmélyebb helyzetű holocén ártéri területre esik. Ebben a terasz-szintben inkább a finomabb homokos üledékek dominálnak, a valódi kavicsos rétegek vastagsága csak kb. 5 m. körüli.

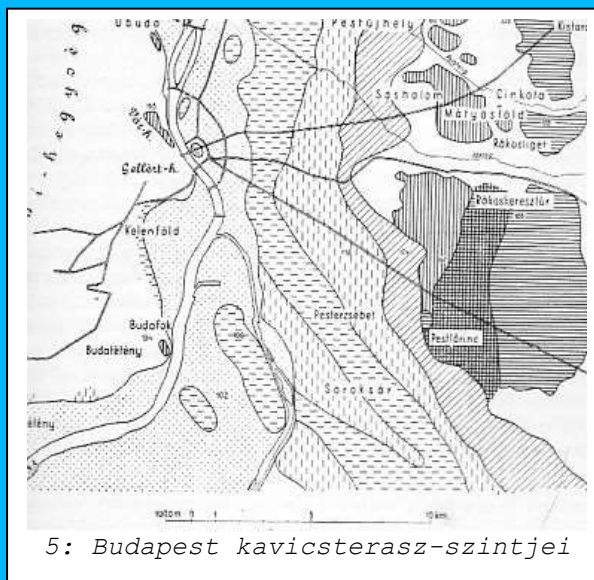
A teraszüledékek általában felfele folyamatosan finomodó összetételűek, a kavicsszintek közé elszórtan az árvízi időszakoknak megfelelően iszapleplek települhetnek.

A konkrét terület fúrási adatai szerint a telek alatt az alapkőzet is mállott, és kevert anyagába belerakódó homok jelenik meg a vízadó legalján, azaz fokozatos a vízadó alsó határának a megjelenése.

Az árvizeket követő nagy feltöltések előtt a belváros terepszintje sehol sem emelkedett 100-103 Adriai tengerszint feletti magasság fölé. A vizsgálati terület is teljesen elöntötte a pusztítása révén igen emlékezetes 1838-as jeges árvíz (keleten a mai Keleti-pályaudvar területéig hatolt). A belváros feltöltése elsősorban ezt az árvizet követő időszakokra esik.

Budapest belvárosi területén az effektív, talajvizet tápláló beszivárgás értéke alig becsülhető, ugyanis a túlnyomó térségében beépített és leaszfaltozott területen a leeső csapadékot a csatornahálózat vezeti el, másrésztől viszont igen jelentős a párolgás-csökkenés a beépítettség miatt. Beszivárgás helyett tehát az oldalirányú nyomáskülönbségek, lényegében tehát a Duna vízszintje a meghatározó.

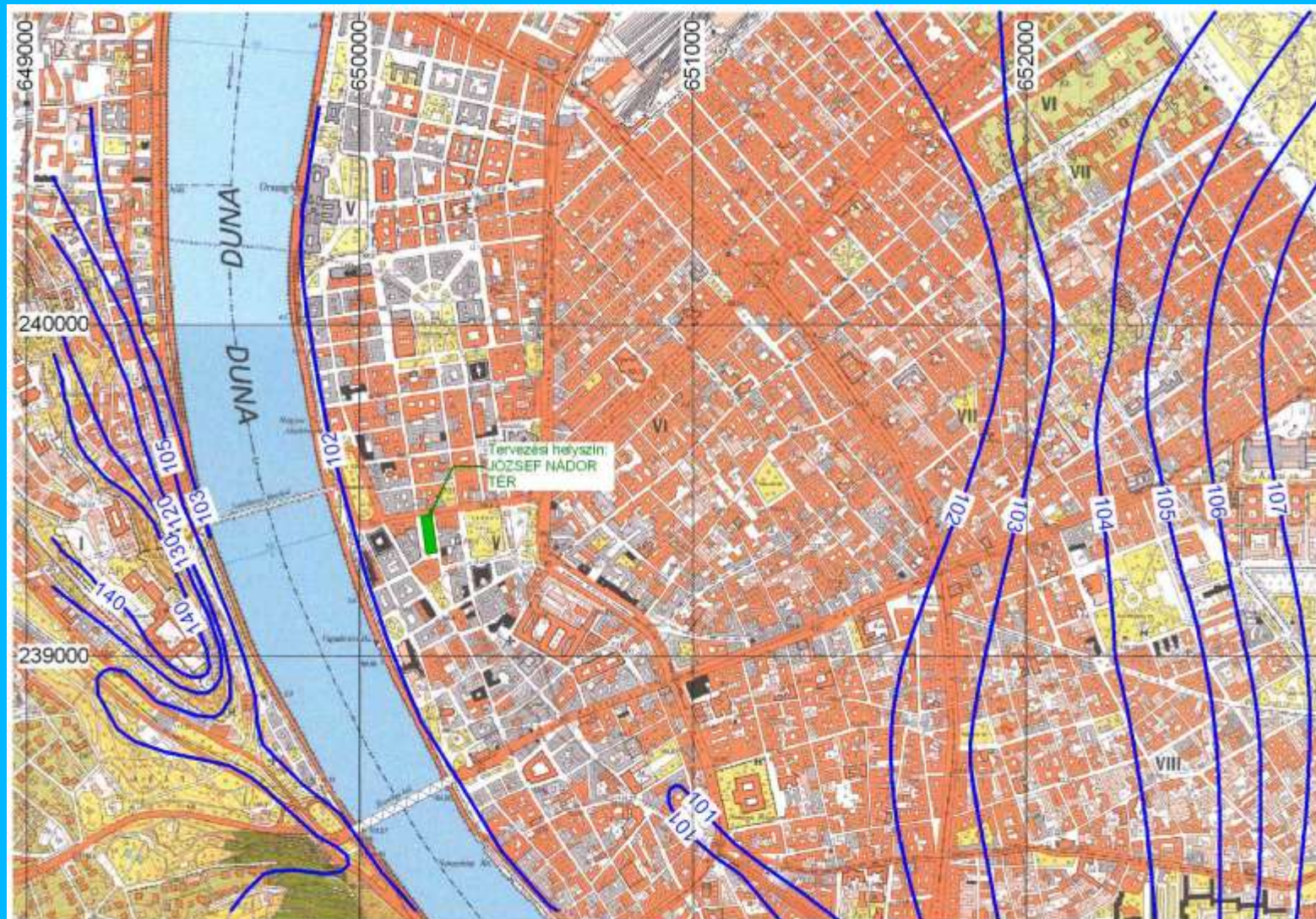
A holocén Duna völgyben a talajvíz a fiatalkori hordalékban mozog, ahová részint az északi területről szivárog be és a Dunával megegyező irányba mozog, (ezt a vízmozgást a korábbi, betemetett Duna-medrek lefutása is befolyásolja) részint a Duna teraszban folyik le a Duna felé. Az összefüggő és nagy permeabilitású



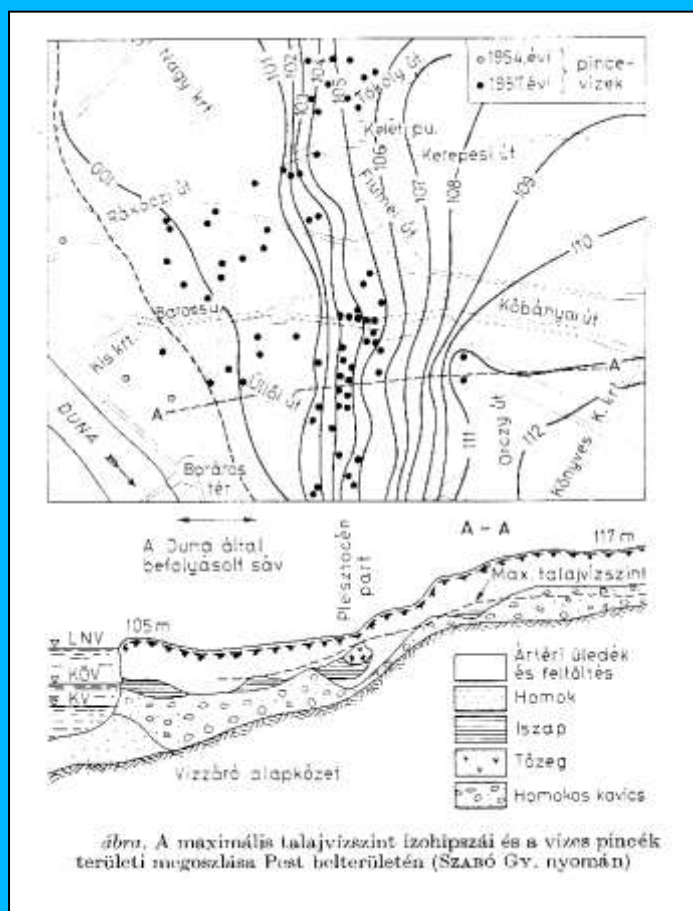
5: Budapest kavicsterasz-szintjei

egységes kifejlődésű kavicssterasz vízadó rétegben a talajvíz felülete aránylag kiegyenlített.

A maximális talajvízszintek eloszlását a topográfiai térképre vetítve mutatjuk be az alábbi **6. ábrán**. Mint látható, a területtől jóval keletebbre esik csak magasabb szintvonal, a talajvíz-szint tehát igen kiegyenlített a terület környezetében.



6. ábra: A tervezési terület környékének topográfiai térképe a maximális talajvízszintek jelölésével



A fő áramlási irány tehát kis gradiens mellett az év nagyobb részében a Duna, mint erózióbázis felé történő szivárgás. Magas Duna-vízálláskor azonban a folyó vize jut be a talajvízbe, ami rövid ideig tartó de ezen a területen sokkal jelentősebb nyomás-gradienst eredményez. (ekkor kerülhetnek előtérre egyes mélyebb pincék, de e tér környékén a talajvízszint a mérési adatok szerint jóval 101 mBf körüli pincetalpak alatt található.

Amint Szócs Géza által szerkesztett oldalsó 7. ábráról is látszik, a vizsgált térrész a mély ártérre esik, ahol a folyó hatása a domináns. A tapasztalat szerint a Duna nagyobb és tartósabb árvizei 1 km mélységig, esetünkben az Erzsébet tér - Kiskörút vonaláig domináns hatóerő. A partvonalától 150 m-re a talajvíz ingadozása kb. 3,5 m.

A Duna fő lánchídi vízmércéje esik a tervezési terület vonalába.

- o Vízmérce magassága „0” 94,98 mBf.
- o A Duna **LKV** értéke 1954. 01. 12-én : **94,90** mBf.;
- o **KÖV** értéke: 1985/1994 = **97,57** mBf;
- o **LNV** értéke 1876 évben = **103,65** mBf.
- o Vízhozama 700 m³/s és 8500 m³/s értékek között változik. A folyó jégmentes vízszintjének Budapestnél eddig megfigyelt legnagyobb ingadozása meghaladta a 8 m-t. (VITUKI 1990)

A Fővárosi Csatornázási Művek korábban üzemeltetett, 2005 óta már nem használt talajvíz-figyelőkút hálózatából, egy kút a tervezési helyszínre esett, ennek adatsorát Mecsi J. korábbi szakvéleménye megfelelően feldolgozta, adatait itt most nem kívánjuk megismételni. Távolabb az Erzsébet-téren is volt kút, de 2011-ben is megtalálható hasonló figyelőkút csak jóval beljebb a VI. kerület Lovag utcai iskola udvarára esik tudomásunk szerint.

A Duna magas vízállása mellett megnövekvő hidraulikus gradiens is csak 1-2% az év nagy részében történő természetes áramláskor még ennél is kisebb. Így itt a talajvíz áramlási sebessége is aránylag kicsi, azaz abban az esetben is, ha a talajvíz áramlását résfalas lezárással megakadályozzák, ez csak viszonylag csekély duzzasztást

eredményezhet. A konkrét feladathoz használt kiindulási vízszinteket is modellvizsgálattal határoztuk meg a (lásd alább)

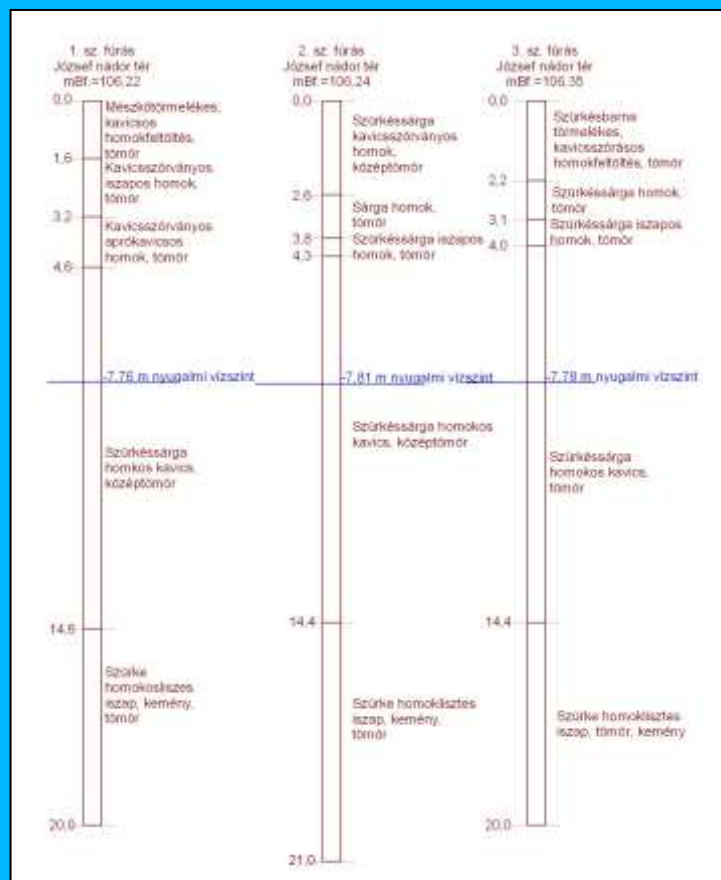
III.3. Felszínközeli földtani felépítés bemutatása

Áttekintve a már elkészített területről készített feltárásokat azokat az alábbiakban összegezzük:

- A tervezett mélygarázs helyét először két darab verőszondázással tárták fel, ezek 15,4 illetve 16 méteres mélységig hatoltak le. A mélyebb DS2 fúrás 15,5 méteres mélységben, a sekélyebb DS1 jelű 15,3 métertől már egészen bizonyosan az alapkőzetbe hatolt a szondázási értékek alapján. Az ezek feletti 100 feletti de 200 alatti ütésszámú zóna átmeneti mállott vagy iszaposabb zónaként értelmezhető.
- A téren lemélyült három talajmechanikai feltáró fúrás is. Ezek rétegsora szerint a kavicsréteg alját két fúrásban 14,4, a harmadikban 14,6 méter mélységben tárták fel (8. ábra) A fúrások ez alatt 20 ill. 21 méterig a leírás szerint egységes tömör iszap megnevezésű kőzetet tártak fel. A rétegeket mi ennek alapján vettük fel.
- Talajvízszint a fúrásokban csak 98 mBf alatt jelentkezett.

A három egymás közelében létesült fúrásos feltárás tehát gyakorlatilag egyveretű rétegsort tárt fel.

8. ábra: A téren lemélyült talajmechanikai fúrások általunk megrajzolt rétegszelvényei:



III. A hidrogeológiai modell bemutatása

A kiépített mélygarázs lokálisan megszünteti a talajvízadó réteget, legalábbis annak felső részét. A műtárgy lokálisan megváltoztatja a talajvíz szivárgási rendszerét. A kialakuló új áramlási pályáknak meg kell kerülniük az épület területét.

Az épületnek az alacsonyabb talajvízszint felé eső oldalán a lokális gradiens megnő, a vízáramlás felgyorsul, illetve kisebb holtter alakulhat ki. Előzetesen is hangsúlyozni kívánjuk, hogy a tapasztalatok szerint e hatások egyike sem okoz önmagában valódi környezeti kárt. Ha a talajvízszint magasabb, korábban nem teljesen szaturált rétegeket önt el, azok fizikai paramétere is megváltozik, kötött talajok esetén pl. lecsökken a nyomószilárdságuk. Ebben az esetben a vízszintemelkedés is csak a folyamatos, nagy porozitású kavicsos homokrétegben történhet, amely ilyen hatásokra kevésbé érzékeny. Sekély alapok esetében a vízszintváltozás kedvezőtlenül hathat a fagymélység változására is, de ebben az esetben ilyen hatásokkal nem kell számolnunk.

A mélygarázs létesítésének lehetséges hidrogeológiai hatása legpontosabban nagy felbontással hidrogeológiai modellszámítással vizsgálható. Több különböző alapállapot vizsgálatával eldönthető, hogy a garázs hidrogeológiai hatása mekkora területre terjed ki, milyen mértékű vízszint-változást és vízáramlás-változást eredményezhet. Előzetesen becsülhető, hogy a duzzasztott vízszint kiterjedhet-e vertikálisan a szomszéd pincék alapszintjéig. A kitűnő vízvezető-képességű kavicsteras az garáznál esetleg feltorlódó vizeket természetes drénként körbevezeti a résfal körül, a modellezéssel.

Mivel a térségben valós hidrogeológiai hatást a Duna képez, de a térségben már eddig is igen sok mélygarázs létesült, amelyek együttes hatását nem vizsgálták ezért először egy nagyobb területre kiterjedő regionális modellt állítottunk fel. Második lépésként e modell középső részére kapott vízszint-eloszlást használtuk a részletes modellvizsgálatához. A részletes modellezést így reálisabb kiindulás vízszintekkel kezdhettük el.

A modellvizsgálatot egy nagyobb területet vizsgáló, a Dunáig érő 900x1000 méteres területre végeztük el. A nagyobb modellben kapott vízszinteket felhasználva ezt követően egy négyszer kisebb modellt vettünk fel, 225x250 m-es területre végeztük.

A két modellterület EOY-vetületű határ-koordinátái
Nagyobb átnézetes modell esetében: 649750 ill. 240000
650650 239000

Kisebb részletes modell esetében: 650100 ill. 239500
650325 és 239250

Az átnézetes modellnél nem volt cél a nagy lokális felbontás, így ezt az első modellvizsgálatot egységesen 10x10 méteres felbontással vizsgáltuk.

A részletes modell alap-felbontása is négyszer részletesebb, azaz 2,5x2,5 méter volt, de ezt a cella-osztást a garázs széleinél 0,5x0,5 méterig tovább is sűrítettük.

A regionális modell a Duna árvízi helyzetét szimulálja. A modellben a Duna vízszintjét tartósan 103,5 mBf értékűnek vettük fel ennek megfelelően. A modellterület keleti felének talajvízszintjét a közölt FTV vízszinttérkép alapján vettük fel, fix nyomású - szintű peremnek. A nagyfokú beépítettség miatt a talajvízforgalom függőleges elemei korlátozottak, az evapotranspiráció és a beszivárgás is nyugodtan elhanyagolható.

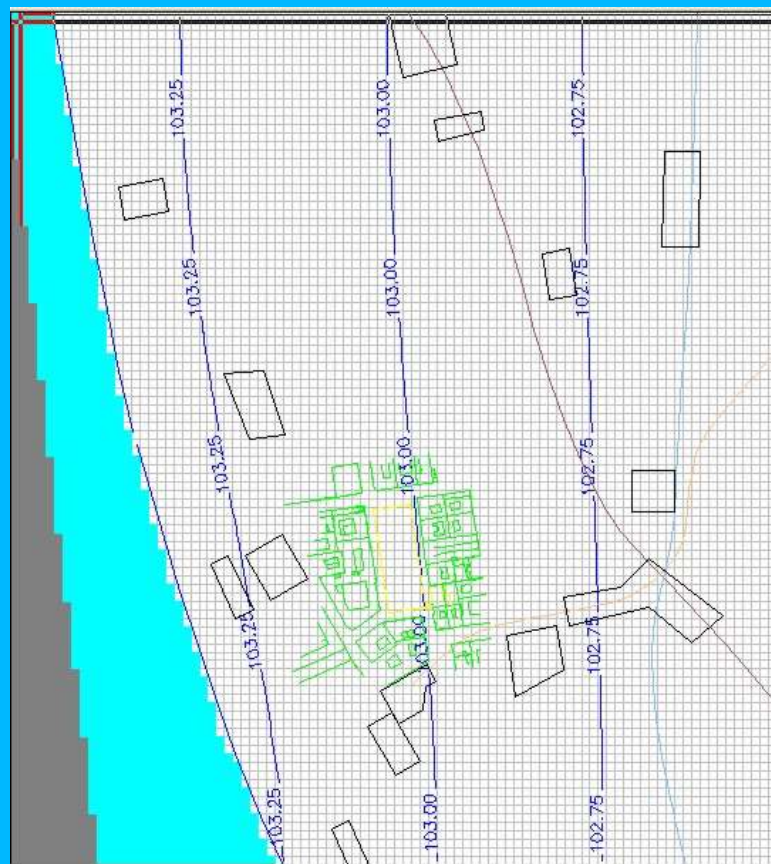
A terület rétegsora alapján három modellréteget vettünk fel, amelyek egy-egy jelenleg meglévő réteget reprezentálnak. A legfelső réteg esetében a feltöltéssel egyben kezeltük a homokos iszapréteget is. A fő vízvezető iszapos homokos aprókavics a modell második rétege, míg az agyagos idősebb fekvő-réteg felső 20 m vastag szelete képezi a modell 3. réteget. A kavicsréteget adott esetben részletesebb modelligény esetén több részre is lehet bontani a feltárt rétegsor alapján, az alján homokos, -6 méternél cementáltabb kavicsos betelepülésekkel, de hidrogeológiai szempontból a mélygarázs kiépítése utáni állapotra nézve ez nem meghatározó, csakúgy, mint az alapkőzet felső bontottabb része sem.

A talajmechanikai szakvélemény fúrásai alapján felvett hidrogeológiai rétegek:

Réteg száma	Kőzetanyag	réteg elhelyezkedése (mélység terep alatt)	réteg teteje mBf	k-tényező (Mecsi L. szerint)
1	Feltöltés + homok, iszapos homokliszt	0-4,3 m.	105,6 ill.	
2	Homokos kavics és kavicsos homok	4,3-14,5 m	101,3 m	$k=5 \cdot 10^{-3} - 10^{-5}$ m/sec
3	Szürke agyag fekvőkőzet	14,5 alatt	91,1 alatt	$k=10^{-7} - 10^{-9}$ m/sec

A rétegek feltételezett hidrogeológiai alapadatai:

Szám	Hidraulikus jelleg	Porozitás	Horizontális k-tényező (m/sec)	Vertikális k-tényező (m/sec)
1	Fedetlen	25%	2×10^{-4}	1×10^{-4}
2	Fedett vagy fedetlen	25%	5×10^{-4}	3×10^{-4}
3	fedett	8%	5×10^{-7}	3×10^{-7}



9. ábra: Átnézetes modellterület cellaosztása és kiindulási talajvízszintjei (cellaméret: 10x10 m.)

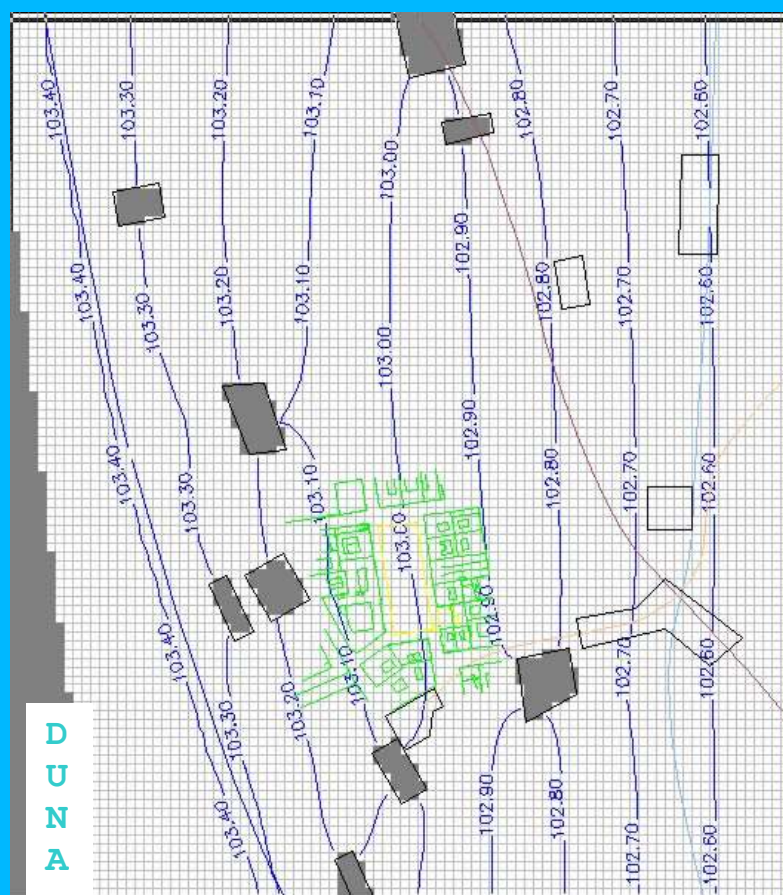
A modellben a mélygarázsokat imperemábilis cellaként vettük fel az első és második modellrétegben. A legnagyobb Erzsébet-téri garáznak csak a déli fele esett a modellterületre. A sekély műtárgyakat, pl. a tárgyi garázs keletre kinyúló nulladik szintjét, és pl. a földalatti vonalát csak a legfelső rétegben vettük fel. A fekéreteget a garázs nem befolyásolta jelentősen.

A modell az árvízi helyzettel a lehető legrosszabb esete szimulálja (az árvízszint és nagyobb nyomásgradiens állandósult hatását).

IV. A modellszámítás eredményeinek az ismertetése

IV. 1. Modelleredmények ismertetése

A regionális modell a Duna árvízszintje mellett a környező mélygarázsok vízszintekre gyakorolt hatását vizsgáltuk meg. A modell eredménye szerint a Dunánál a folyó magas árvízének megfelelő 103,5 mBf érték, míg a modell keleti felén 102,5 mBf vízszint alakult ki. A mélygarázsok mentén besűrűsödő szintvonalak az eredményképen jól érzékelhetőek. **Az 9. és a 10. ábra eltérése alapján látható, hogy a terület vízáramlására már jelenleg is hatnak a környék egyéb mélygarázsai! Ez a hatás azonban nem igazán jelentős, a József nádor tér alatt, inkább csak kissé nyugatabbra és délebbre észlelhető a szintvonalak lefutásában.**

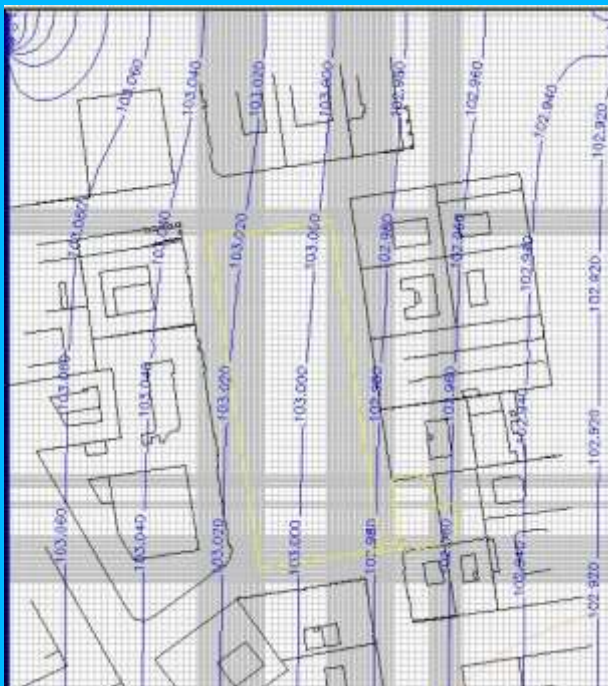


10. ábra: A teljes átnézetes vizsgálati területen a második modellrétegben a számítás szerint a többi garázs hatására kialakult modellezett vízszint-eloszlás (cellaméret: 10x10 m.)

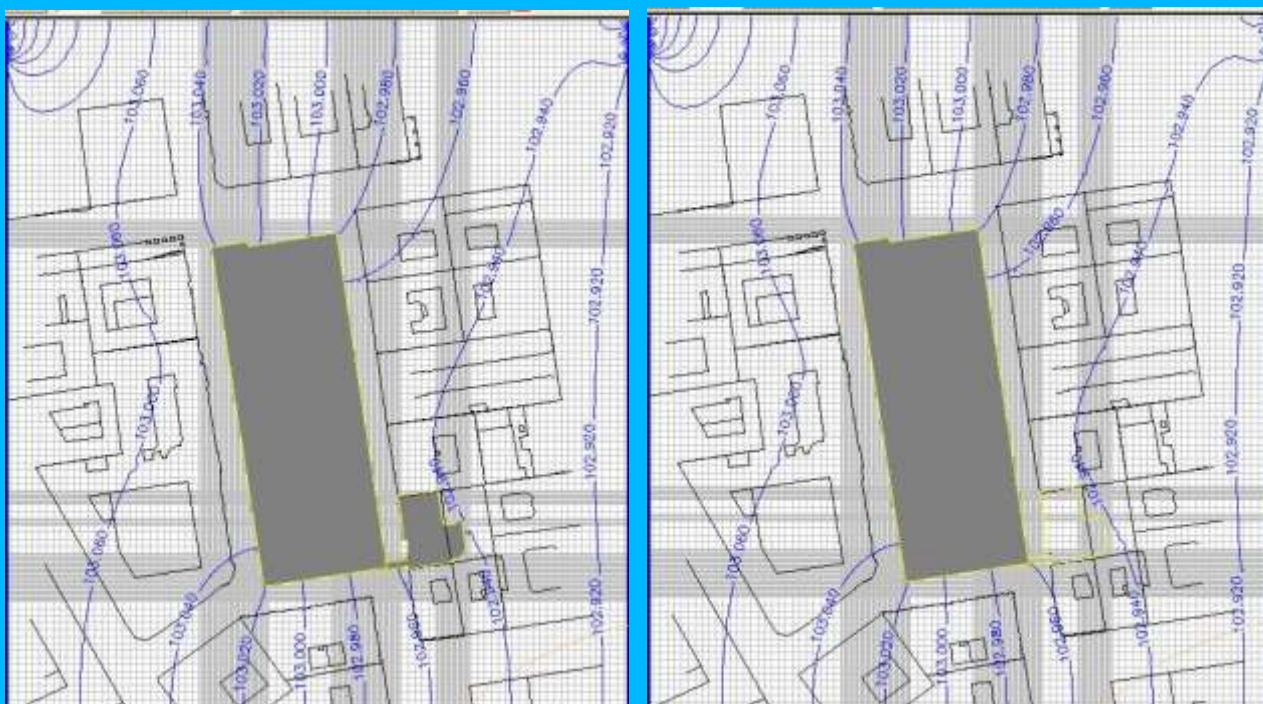
A regionális modell középső celláinak vízszint-eloszlását konvertáltuk át a részletes modellbe. Anomália csak a modelltér északi sarkaiban alakult ki - feltehetőleg szomszédos garázsok hatására. A modellcellákat a garázs szélein 0,5x0,5 méteres osztásig sűrítettük, így a garázs északtól kissé eltérő irányba

nagy pontossággal követhető volt. (lásd a **11. ábrán**)

Tartósan magas Duna-vízszint esetén a modell szerint a területen 103 mBf szintű vízszintek is kialakulnak, ami szomszéd, kb. 102 mBf belső aljzatszintű garázsok egy részét előntő vízszintet jelezhet előre! Ez a hatás azonban a Dunával kapcsolatos, a garázs léte a vízszinteket nem befolyásolja számottevően.



11. ábra: Részletes modellezés kiindulási cellaosztása és kiindulási vízszintjei
(cellaméret: 2,5x2,5 illetve 0,5x0,5 m.)



12./a- b ábrák: Részletes modell eredményeül kapott vízszinteloszlások az első (feltöltés) és a második (kavicsos vízadó) rétegekben



12./c ábra: Részletes modell eredményeül kapott vízszinteloszlások az alsó agyagos fekrétegben

Amennyiben a modellben a kihorganyzás hatását is megpróbáltuk szimulálni, sávokban oldalirányban lecsökkentve a vízáteresztő-képességet a vízadó rétegben 1/10 értékre, ez a vízáramlásra a vízadó rétegben kismértékben kihatott a modelleredmények szerint, még hozzá úgy, hogy a kialakuló depressziót pár cm értékkel megnövelte. (14. ábra)



13./a-b ábra: Részletes modell eredményeül kapott vízszinteloszlás az 1. és 2. rétegben a horganyzás hatásának közelítő figyelembevételével

IV. 2. Modelleredmények összefoglalása

Lehető legrosszabb, tartós árvízi esetet vizsgáltuk hidrogeológiai modellezéssel. Feltételeztük a Duna állandó 103,5 mBf szintjét, és ennek és a többi mélygarázs hatására a József Nádor tér alatt is 103 mBf magasságban kialakuló talajvízszintet. - A valós tapasztalatok ilyen esetet nem támasztanak alá, a téren korábban működő talajvízkútban tudomásunk szerint 2005-ig nem volt magasabb a vízszint 99,8 mBf értéknél.

A modellszámítás eredményei:

- A József Nádor téri mélygarázs környékére már jelenleg is hatnak a környező hasonló mélyépítésű műtárgyak, de ez a hatás csak 2-5 cm. nagyságrendű lehet.
- A tervezett új mélygarázs megépülése esetén a maximális a résfal mellett számított vízszintváltozás +27 illetve -16 centiméter. Ez a vízszintváltozás a garázs falától távolodva exponenciálisan lecsökken. A deciméteres hatóterület alig távolodik el a résfaltól, a határos parkolók harmadát sem közelíti meg. A normál, azaz az év 90%-ban jellemző vízszint-eloszlás mellett feltételezhető vízszint-változás értéke pedig csupán 0,08 méter.
- A tervezett horganyzás a garázstól függetlenül is okozhat további 1,5 cm vízszint-változást a tér környezetében.
- A vízáramlás a mélygarázs rövidebb keresztirányú falai mentén nagyjából a korábbinak az 1,3 - 1,5-szörösére gyorsul, míg a középső pangó területen a korábbinál 0,8-szeres lassulás várható.
- A tervek szerinti résfal az idősebb stabil aljzaton kialakítható. Az alsó réteg nyomásviszonyait a szimulációk szerint a ráépülő mélygarázs gyakorlatilag nem befolyásolja.

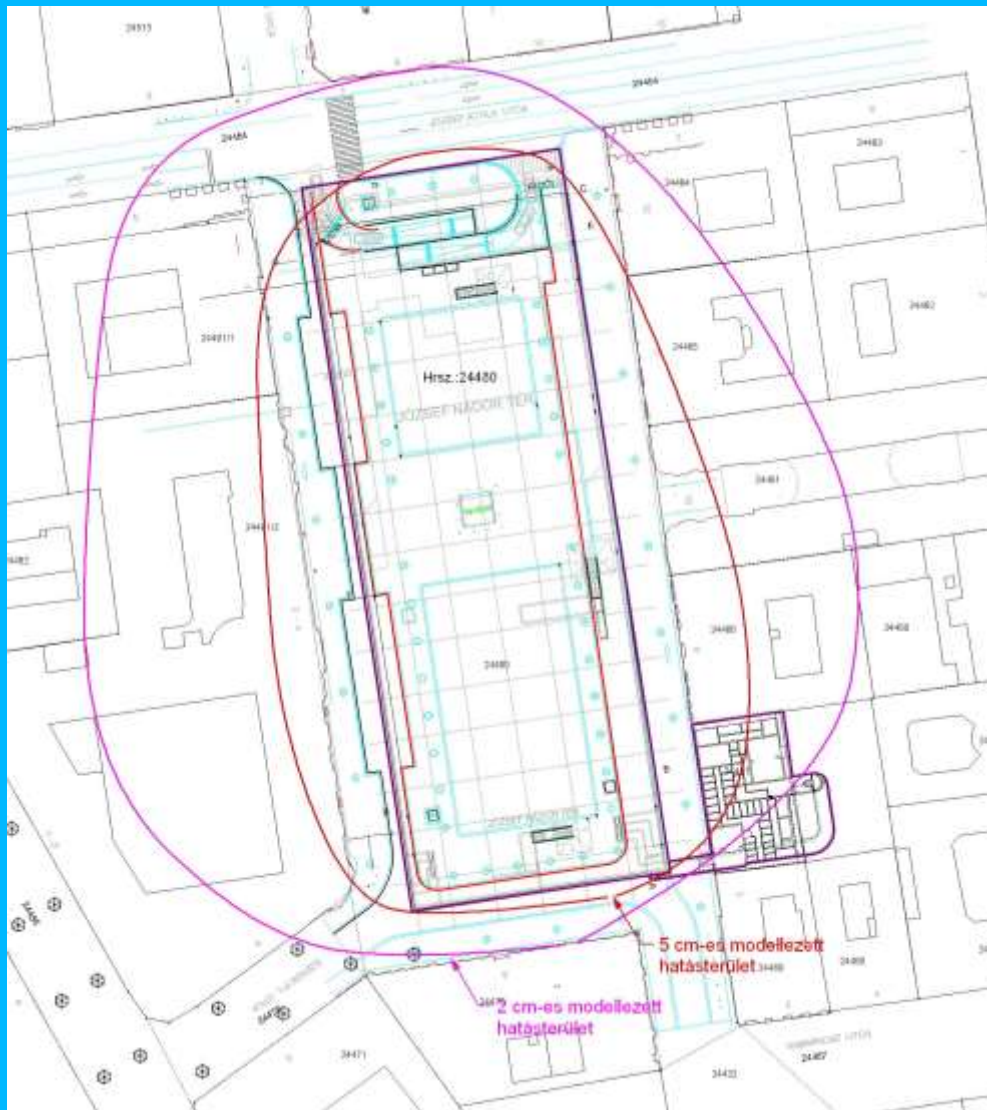
A szimulációk alapján kialakuló befolyásolt vízszint-eloszlás azt mutatja, hogy a résfal vízszint-növelő hatása a környező épületeket legfeljebb centiméteres nagyságrendben érinti.

Elöntést a mélygarázs önmagában nem okozhat.

A mélygarázs tehát nem jelenthet a többi hasonló műtárgynál nagyobb környezeti terhet. A környéken sehol sem történik talajvíz-termelés, és nem létesítettek a környéken olyan vizes hőszivattyús kitermelő-betápláló rendszereket sem, amelynek a működését egy új résfal kedvezőtlenül érintené. Az árvízvédelmi műtárgyak, óvóhelyek, és metró-vonalak távolsága is kellően nagy a

József nádor tértől. Kiemelt létesítményt, vízbázist tehát a tervezett beruházás nem veszélyeztethet.

A talajvízszint-mérésekkel még érzékelhető 2 cm-es vízszint-változás hatásterületét az alábbi **14. ábrán** külön is megjelenítettük:



14. ábra: A tervezett mélygarázs 2 és 5 centiméteres értékű vízszint-változást jelző modellezett hatásterülete

V. Összefoglalás

A garázs földtani közegre gyakorolt hatásait vizsgáltuk meg anyagunkban, a tágabb környékre is kiterjedő átnézetes, majd ennek alapján a területre elvégzett részletes modellvizsgálattal.

A tervezett mélygarázs kialakítása részben a környező pincék szintjét és az ennek megfelelő antropogén feltöltést, részben a talajvíztartó felső-pleisztocén kavicssteraszt érinti.

A környező területen értékes nyersanyag vagy kiemelt, szennyeződés-veszélyes objektum nincs. A környéken vízkitermelés vagy természetes vízfelfakadás, forrás sincsen. A környéken elég sok meglévő mélyépítésű műtárgy települt már ugyanezen talajvízadó rétegbe.

A szomszédos pincékben időnkénti talajvízzel való elöntés régebben is jelentkezett időnként. A Duna árvizei, a városi teljes beépítés miatti fellépő párolgás-hiány, és közmű-problémák miatt ezek a hatások a továbbiakban is megmaradnak, de nem köthetők a területen épülő mélygarázsokhoz.

A mélygarázs résfal-aljzata igen kis áteresztő-képességű agyagos fekérdégre helyezhető. Vizsgálataink szerint a tervezett mélygaráznak a kavicssteraszban található talajvízre gyakorolt torlasztó hatása elenyésző. A mélygarázs visszaduzzasztó hatása a telek hosszirányában a fal középvonalánál a legnagyobb, itt közvetlenül a résfal mellett elérheti a 27 cm értéket is. A visszaduzzasztás mértéke a Dunához köthető általános 2-3 méteres vízszint-változástól gyakorlatilag nem különíthető el.

Az épületek és tervezett létesítmény közötti széles utcafrontok szélessége alapján numerikusan is kiszámítható, hogy a pincéket ez a létesítmény nem veszélyezteti, a csekély mértékű lokális vízszintemelkedés a környező pincék vízzel való elöntését önmagában nem okozhatja. Hidrogeológiai probléma pl. vető menti vízbetörés, hirtelen vízszint-változás e területen nem várható.

A garázs vízszinteket érintő hatásának további mesterséges befolyásolására (kutas vízszint-termelésre és visszatáplálásra) véleményünk szerint nincsen szükség, de adott esetben ezzel az eljárással a szomszédos pincék egy része mesterségesen vízteleníthető lehet.

A vizsgálat eredménye alapján a mélygarázs létesítése nem okozhat károsodást a környező földtani közegre, és a környező épületek pincéire. Az építési a vonatkozó környezetvédelmi, építési, kivitelezés előírások betartása mellett hidrogeológiai szempontból engedélyezhető.