



RECEIVED

1977

1977





**SZENT ISTVÁN
EGYETEM**



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Szakdolgozat

Újépítésű Lakópark Földhőszondás Hőellátása és Alapozás Tervezése

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar



Konzulensek:

Kecskés Gábor

Tóth László

Terjék József

Budapest, 2018/2019.

Julius Robert von Mayer (1814. November 25. – 1878. Március 20.)
német orvos és fizikus, a termodinamika tudományának egyik megalapozója.
Legismertebb tudományos eredménye az energiamegmaradás elvének kimondása (1841),
amelyet napjainkban a termodinamika első főtételeként ismerünk,
s amelyet ő fogalmazott meg úgy, hogy
"energia nem keletkezik és nemvész el".



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Szücs László PhD
egyetemi docens, mb. intézetigazgató



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS
2019



Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Lakópark földhőszondás hőellátása és a Bp., XI. Sobieski J. u. 32. alatti lakóépület alapozás tervezése
Belső konzulens:	Kecskés Gábor mérnöktanár
Külső konzulens:	Tóth László, geológus, GEORT kft. és Terjék József TEGA-BAU kft.

A szakdolgozat beadási határideje: 2019. január 4. (péntek) 12⁰⁰

Budapest, 2018. december 4.

Dr. Szücs László
mb. intézetigazgató



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Szücs László PhD
egyetemi docens, mb. intézetigazgató



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS

2019

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Lakópark földhőszondás hőellátása és a Bp., XI. Sobieski J. u. 32. alatti lakóépület alapozás tervezése
Belső konzulens:	Kecskés Gábor mérnöktanár
Külső konzulens:	Tóth László, geológus, GEORT kft. és Terjék József TEGA-BAU kft.

A szakdolgozat beadási határideje: 2019. január 4. (péntek) 12⁰⁰

Budapest, 2018. december 4.

Dr. Szücs László
mb. intézetigazgató

Tartalomjegyzék

Újépítésű Lakópark Földhőszondás Hőellátása és Alapozás Tervezése	3
1. Bevezetés	3
1.1. Témaleírás	3
1.2. A dolgozat célkitűzése	4
1.3. Kapcsolódó szabályzatok, irányelvek	4
2. Összegzés	5
3. Energetika	7
3.1. Világviszonylat tükrében Magyarország	7
3.2. Geotermikus energia az energetikában	9
4. Földhő és annak keletkezése	10
5. Hazánk adottságai	12
6. Geotermikus energia	13
6.1. Hőkinyerés formái	13
6.2. Földhőszonda, mint mélyépítési műtárgy, hőkivétel elmélete	14
6.3. A hőszivattyú és COP	17
6.4. Műtárgy hatása a környezetre	21
6.4.1.Építéskor	21
6.4.2.Üzemeltetés alatt	23
6.4.3.Felszámolás után	23
7. Tervezési alapadatok	24
7.1. Helyszín bemutatása	28
7.2. Földtani adatok, hidrológia	29
8. Tervezés - Földhőszonda	33
8.1. Hő és teljesítmény igények meghatározása	34
8.2. Earth Energy Designer Software	35
8.2.1. EED Software belső modellezési felépítése, sajátosságai	35
8.2.2. EED Software-es tervezés	38
8.2.3. Eredmény és kiértékelés	40

8.3. Szonda csatlakozása az épületbe	41
9. Cölöpalap, választott típus rövid bemutatása	42
10. Tervezés - Fejtőmb és Cölöpcsoportok	43
11. Földhőszondák kivitelezése	45
11.1. Gépigény és terület előkészítése	45
11.2. Fúrás és szondatelepítés	45
11.3. Szondateszt	46
12. Konklúzió, javaslatok	47
12.1. Fűtési / hűtési technológia	47
12.2. Megtérülés, előnyök, hátrányok	48
13. Irodalmi jegyzék, hivatkozások	52
14. Ábrajegyzék	55
15. Tábla és diagram jegyzék	56
16. Mellékletek	57

Újépítésű Lakópark Földhőszondás Hőellátása és Alapozás Tervezése

1. Bevezetés

“...A Föld belsejében keletkezett hőenergia a felszín felé áramlik. Ez felhasználás nélkül a légkörbe távozik, és így energetikai szempontból elvész. Ha a rendszerbe beiktatunk egy hőnyelőt, az „befogja” a földi hőáramot...”¹ [12].

Ha már felismertük a potenciált, és a technológiai lehetőségek is adottak, akkor más dolgunk sincsen, mint “befogni” és hasznosítani, elvágre energia nem vész el, csak átalakul² [1].

1.1. Témaleírás

Szakdolgozatomban bemutatásra kerül az 1096 Budapest IX. kerületi Sobieski János utca 32. (Hrsz.: 37229/6) alatti újépítésű 75 lakásos társasház hőigényeinek kiszolgálása geotermális energiaforrás felhasználásával. Az igényekhez és a környezeti adottságokhoz mértén került kiválasztásra a tervezett technológia. A felszín alatti tulajdonságok ismertetését követően bemutatásra kerül a hőkinyerés és hasznosítás folyamata, valamint a tervezés és kivitelezés lépései. A tervezésnél csekély mennyiségű kiindulási adat áll rendelkezésre. A kapott adatokkal - mint például a fűtési és hűtési igények - történik a további számítás és a szoftveres modellezés. A felhasznált szoftver rövid ismertetését követően meghatározásra kerülnek a beviteli sajátosságok a számítási eredményekkel, amik a mellékletekben csatolva is megtekinthetők.

Az épületen beüli gépészeti igényekre, annak csatlakozásaira nem terjed ki a tervezés. Az optimalizált hatásfok elérése érdekében a hűtő/fűtő berendezések megválasztására

¹[12] 6. fejezet - A geotermikus energia, ELTE <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/MegujuloEnergiaborrasok/ch06.html>

² [1] Kolmós, F. & Fodor, Z. & Kapros, Z. & Dr. Vajda, J. & Vaszil, L. (2009). Hőszivattyós rendszerek

javaslattétel kerül. Pontos költségvetést sem fog bemutatni a dolgozat, csak közelítő értékeket, megtérülési kilátásokat.

Szakdolgozatom két ütemben készült, a geotermális tervezés a kivitelezést megelőzően, valamint az alapozási tervekkel történő kiegészítést a kivitelezés befejeztével állítottam össze, az előbbire fektetve hangsúlyt. A lakópark lemezalappal készült kivastagításokkal a kritikus helyeken. Ezeket a kivastagításokat CFA csölöpcsoportokkal váltom ki. A csölöpcsoportok és fejtömbjeik tervezése kerül bemutatásra. Általam választott típus többek között költséghatékonysági okokból elvették.

1.2. A dolgozat célkitűzése

Egy napjainkban divatos témát szeretnék bemutatni, ami szakirányomon talán nem annyira jellemző. Talán rendhagyó módon nem lesz benne sem klasszikus értelemben vett teljes körű tervezés, sem kutatási értékek, végeláthatatlan számítások levezetése. Különböző szoftverek, mint AutoCAD, Axis, GEO5, Excel ismeretei elengedhetetlenek szakmánkban. Ezek segítségével állt össze dolgozatom. Vitathatatlan, hogy tudásháttér nélkül lehet bármilyen okos egy szoftver, ha a felhasználója nem tudja mit kell megadni, min kell finomhangolni, hogyan kell használni, akkor marad a papír és ceruza. Egyik professzoromtól hallottam, viszont idézni már sajnos nem tudom pontosan, minden, amit a földbe legalább fél méter mélyre építünk, az geotechnikával kapcsolatos. Ezt a vezérfonalat követve határoztam úgy, hogy mélyebben utána járok egy számomra kedves témának és így bővítem ismereteimet. Dániai és finnországi tanulmányaim során ismerkedtem meg és lettem követője a megújuló energiáknak, azon belül is a geotermikus energiának. Később visszatérve egyre inkább elkezdtek foglalkoztatni a kockázatok és környezeti hatások, amikből egy hasonló jellegű dolgozat született. Most viszont célom úgy bemutatni ezt az egyre nagyobb közismeretségnek örvendő rendszert, hogy egy laikus számára is teljes képet adjon, ám szakmai szemmel is megállja a helyét egészen a gondolat megszületésétől az üzembe helyezésig.

1.3. Kapcsolódó szabályzatok, irányelvek

A földhőszondák tervezés során a következő szabványok és jogszabályok lettek figyelembe véve:

~ MSZ 22116,

- ~ VDI4640 német szabvány előírásai,
- ~ 267/2006. Korm. rendelet,
- ~ 1997. évi LXXVIII. Törvény,
- ~ 1995. évi LIII. törvény,
- ~ 53/2012. (III.28.) Korm rendelet,
- ~ 123/1997. (VII.18.) Korm. rendelet,
- ~ 24/2007. KvVM rendelet,
- ~ 6/2010. (VII.30.) NFM rendelet,
- ~ 118/2003. (VIII.8.) Korm. rendelet a szilárd ásványi nyersanyagok és a geotermikus energia fajlagos értékének, ill. az érték számítására vonatkozó szabályoknak a megállapításáról,
- ~ 696/2005. (XI.4.) GKM rendelet a bányafelügyelet hatáskörébe tartozó sajátos építményekre vonatkozó egyes építésügyi hatósági eljárások szabályairól,
- ~ 7/2006 (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról (ez a 2002/91/EK irányelvet bevezető első hazai jogszabály).

Valamint érdemes a további jogszabályokra is figyelmet fordítani:

- ~ 219/2004. (VII. 21.) Kormányrendelet a felszín alatti vizek védelméről,
- ~ 314/2005. (XII. 25.) Kormányrendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról,
- ~ 103/2011. (VI. 29.) Kormányrendelet az ásványi nyersanyag és a geotermikus energia természetes előfordulási területének komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatáról.

Mindig az aktuálisan érvényben lévő szabványt, jogszabályt, törvényt, illetve kormányrendeletet használjuk a tervezés folyamán, különös tekintettel olyan beruházás esetén, ami akár több évig elhúzódó engedélyeztetést és/vagy kivitelezést igényelhet.

2. Összegzés

Számítógépes szimuláció eredménye a 75 lakásos újépítésű társasházat 24 db 100 m mélységű zárt függőleges földhőszonda segítségével lehet kiszolgálni, aminek az éves fűtési igénye 224,0 MWh és éves hűtési igénye 54,84 MWh passzív hűtéssel számolva. A szoftveres modellezés alatt 5,5 m távolságot használok, viszont a telek adottságai, felépítmény statikája és az alapozása nem minden esetben teszi lehetővé ennek tartását. Elsődleges szempontként a telekhatároktól való 2,5 m távolságot követve a szondák 5,3 -

5,6 m-es raszterben kerülnek kiosztásra (2-M Melléklet). A szemléltetés érdekében a terven fel van tüntetve a szondák egységes 5,5 m átmérőjű hatástávolság is. Összesen 2400 m 127 mm egyenkénti furatátmérővel, 32/3,0 mm dupla U csöves szonda került tervezésre, amihez összesen minimum 90,72 m³ bentonitos tömedékelő anyagot kell beépíteni. Összes beépítendő polietilén csőhossz 14785 m 20 % többlettel számolva. Ebből vízszintes bekötő vezeték 2165 m, le- és felmenő szondavezeték 11520 m. Gerinc és gyűjtővezeték alkalmazására is van lehetőség, viszont meghibásodáskor az ezekre kötött összes szonda elvesz. Egyesével érdemes beállni a hőközpontba, esetünkben is ez történt (21.ábra). A futtatott szimuláció 25 éves ciklust tekint. A választott hőcserélő folyadék glikol, hőmérséklete a téli fűtési ütemben csúcsterheléskor -2,61 °C alatt nem várható és alapterheléskor sem megy +3,4 °C alá, mely értékek megfelelő működést biztosítanak. A folyadék középhőmérséklete a 25. év végén nyári hűtési üzemben szonda felől érkező folyadék középhőmérséklet 17,77 °C passzív hűtéssel számolva, ami teljes mértékben kielégítő. A számítások analitikus alapokon működő szoftverrel történnek.

Pillérekről érkező terheket fejtőmbbel összefogott CFA technológiával kivitelezett cölöpcsoporttal terveztem tovább adni az általajnak. Két típusú fejtőmb: I. 5,1 m X 4,54 m fejtőmb és II. 3,4 m X 3,4 m fejtőmb került tervezésre Axis szoftver segítségével. Mindkét fejtőmb 0,8 m magasságú. A nagyobbik típusból 3 darabra, míg a kisebbikből 12 darabra van szükség. Alattuk lévő cölöpcsoportok két típusa: I. 6 db egyedenként 0,7 m átmérőjű, illetve 7 m hosszúságú cölöpök sugárirányban kiosztva, valamint II. 4 db szintén 0,7 m átmérőjű, négyzetes kiosztású, 7 m hosszúságú cölöpök csoportja.

3. Energetika

3.1. Világviszonylat tükrében Magyarország

A világ 2014-es energiafelhasználása alapján 77,2%-ban fosszilis tüzelőanyag és atomenergia összességéből, valamint 22,8%-ban megújuló energiából tevődött össze. Geotermikus energiatermelést nemegészen 74 000 GWh elektromos áram előállítására, és 73 000 GWh hűtési/fűtési célokra használtak fel. Magyarország 2 700 GWh közvetlen hőhasznosítással járult hozzá ehhez az értékhez ³ [6].

	2013	2014	2015
Fosszilis tüzelőanyagok	78,3%	78,3%	78,4%
Nukleáris energia	2,6%	2,5%	2,3%
Hagyományos biomassa	9,0%	8,9%	9,1%
Összes megújuló energia	10,1%	10,3%	10,2%

1. táblázat Globális végső energiafogyasztás⁴[6]

Az első táblázat az elmúlt évek statisztikáját mutatja világviszonylatban. Kimagasló különbségeket nem tapasztalunk, mégis pozitív előre mutatót eredményez. A népesség rohamos növekedésével a fosszilis energiahordozók felhasználása mégsem mutat kiugró emelkedést. A nukleáris energia hasznosítás nagyban függ az országok energiapolitikájától - látsd Paks II. -, viszont világviszonylatban az évenkénti csökkenés megfigyelhető. A megújuló energiák hasznosításáról pedig lassú, de folyamatosan emelkedő értékeket várhatunk a jövőben is.

Hazánk 2012/2013-as adatai alapján, primer és szekunder energia teljesítménye megújuló energiából 9,8% volt, ami magasabb, mint a tervezett 8,5%, viszont a 2020-as célkitűzés ezzel szemben további 50%-os növekedést kíván, azaz 14,65%-ot. Hűtési és fűtési célokra felhasznált energia megújuló forrásokból 13,5% volt 2013-ban. Ennek az értéknek a *Magyarország megújuló energia hasznosítási és cselekvési terve 2010-2020*,

³[6] REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21th Century <http://www.ren21.net>

⁴[6] REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21th Century <http://www.ren21.net>

összhangban a REN21-ben írottak alapján 2020-ra 18,9%-ra kellene emelkednie. Ennek folyamatos emelkedését éves bontásban az 2. táblázat részletezi. ⁵ [6]; [7].

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Megújuló energia (fűtés/hűtés) %	5,4%	9,0%	8,8%	8,6%	8,5%	9,1%	9,8%	11,8%	13,7%	15,7%	17,4%	18,9%
Megújuló energia (villamos energia) %	4,3%	6,7%	6,5%	6,9%	7,5%	8,6%	8,1%	7,1%	8,6%	10,2%	10,7%	10,9%
Megújuló energia (közlekedés) %	0,22%	3,7	4,6%	5,0%	5,0%	5,2%	5,4%	5,8%	6,4%	7,3%	8,0%	10,0%
Összes megújuló energia részesedés %	4,2%	7,4%	7,3%	7,4%	7,5%	8,0%	8,3%	9,3%	10,7%	12,3%	13,4%	14,65%

2. táblázat A megújuló energiaforrásokból előállított energiával kapcsolatos 2020-as nemzeti célkitűzés és tervezett ütemterv a fűtési és hűtési, villamos energia és a közlekedés vonatkozásában ⁶[7]

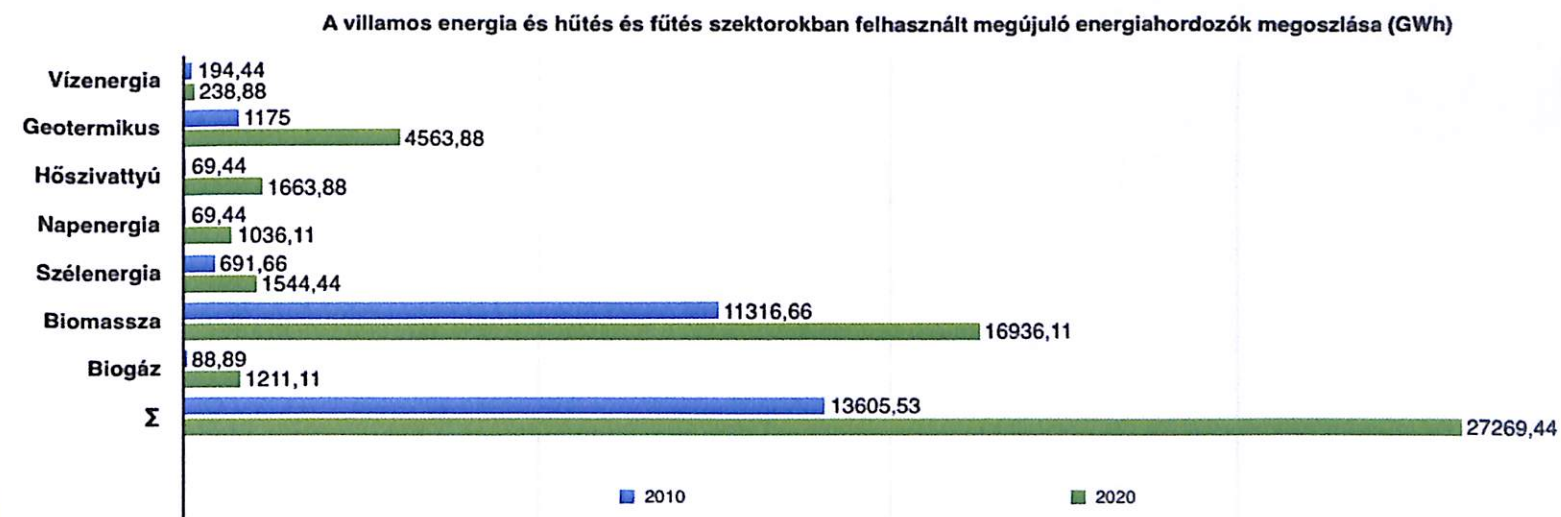
További részletező kimutatást találunk a különböző megújuló energiák tekintetében a 3. táblázatban, illetve a hozzá tartozó 1. diagram segíti a könnyebb megértést. Megfigyelhető az összesítő oszlopban itt is a közel 50%-os növekedési cél. Felhívom a figyelmet, hogy a geotermikus energia és a hőszivattyú külön került feltüntetésre. A hőszivattyús megnevezés ebben az összehasonlításban minden olyan rendszerre értelmezendő, ahol nem a talaj hője kerül hasznosításra, hanem a környezeti levegő és azt alakítják át hőszivattyú segítségével hűtési vagy fűtési célokra. Ezek a célkitűzések teljesen reálisak, és teljesíthetők. A természeti adottságok megfelelőek, a technológia ismert, egyedül a beruházási költség, ami visszaszoríthatják a növekedési elvárásokat. Valamennyi megújuló energia hasznosításnak kiépítésére lehet különböző támogatásokat nyerni, ami tovább ösztönzi a beruházói kedvet.

⁵[6] REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21th Century <http://www.ren21.net>
[7] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010). Magyarország megújuló energia hasznosítási és cselekvési terve 2010-2020

⁶[7] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010). Magyarország megújuló energia hasznosítási és cselekvési terve 2010-2020

	2010			2020		
	%	PJ	GWh	%	PJ	GWh
Vízenergia	1	0,70	194,44	1	0,86	238,88
Geotermikus	9	4,23	1175	17	16,43	4563,88
Hőszivattyú	0	0,25	69,44	6	5,99	1663,88
Napenergia	1	0,25	69,44	4	3,73	1036,11
Szélergia	5	2,49	691,66	5	5,56	1544,44
Biomassza	83	40,74	11316,66	62	60,97	16936,11
Biogáz	1	0,32	88,89	5	4,63	1211,11
összesen	100	48,98	13605,53	100	98,17	27269,44

3. táblázat A villamos energia és hűtés - fűtés szektorokban felhasznált megújuló energiahordozók megoszlása Magyarországon⁷[7]



1. diagram A villamos energia és hűtés - fűtés szektorokban felhasznált megújuló energiahordozók megoszlása Magyarországon (Forrás: Szerző)

3.2. Geotermikus energia az energetikában

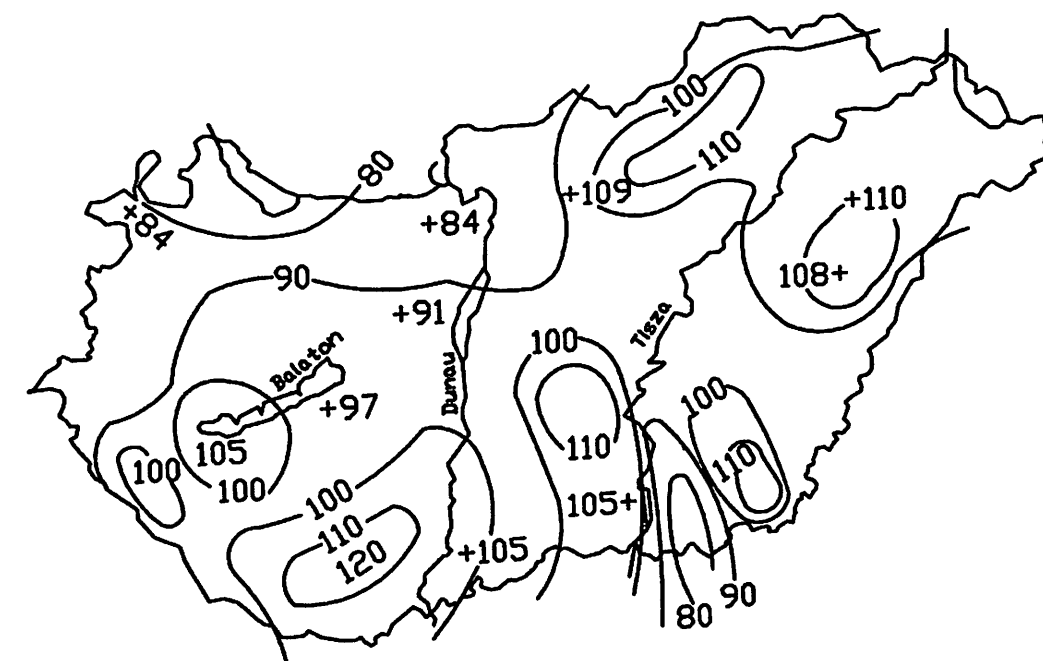
A World Energy Assessment (WEA) forrásából a geotermikus energiában százszoros potenciál van a vízenergiához képest ⁸[9], de mi is az a geotermikus energia? Az

⁷[7] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010). Magyarország megújuló energia hasznosítási és cselekvési terve 2010-2020

⁸ [9] Rybach, L. (2015). A geotermikus energia globális helyzete és kilátásai. Természet Világa Természettudományi Közlöny, 2015/3

54/2008 (III.20) Kormányrendelet definíciója szerint geotermikus energiának nevezzük „a földkéreg belső energiáját, amely energetikai céllal hasznosítható. A geotermikus energia a legalább $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű folyékony vagy gáz halmazállapotú anyagok (azaz a geotermikus energiahordozók) közvetítésével, ezek közvetlen földkéregből való kitermelésével vagy recirkulálásával nyert energia.”

Egy 2008-as felmérés alátámasztja, miszerint Magyarországon a geotermális kihasználtság alig haladta meg a $0,694\text{ GWh-t}$, holott a lehetőségek elektromos energia előállítására közel $3,040\text{ GWh}$ e, termikus hő hasznosításra pedig $15\,400\text{ GWh}$ h. Ettől eltekintve elektromos áram termelésére nem került sor 2007-ig ⁹[8], függetlenül attól, hogy Magyarország geotermikus pontenciálja 312 MW ¹⁰[5]. Különböző talajtípusok fajlagos hőteljesítményét láthatjuk a 4. táblázatba.



1. ábra Magyarország földi hőáram térképe mW/m^2 ¹¹[24]

4. Földhő és annak keletkezése

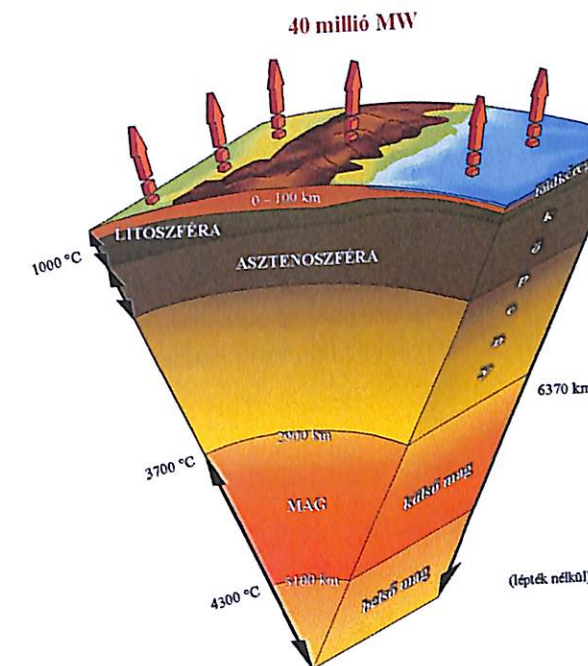
Két folyamatból keletkezik földhő. Először is a Nap energiájából folyamatosan melegszik a földfelszín a mélyebb rétegek felé, ami leginkább a felszíni élet kialakulását és fenntartását hivatott segíteni. A másik hőképzési folyamat, kevésbé kézzel fogható a

⁹ [8] Enx & Geysir Green Energy (2008). Geothermal Utilization in Europe

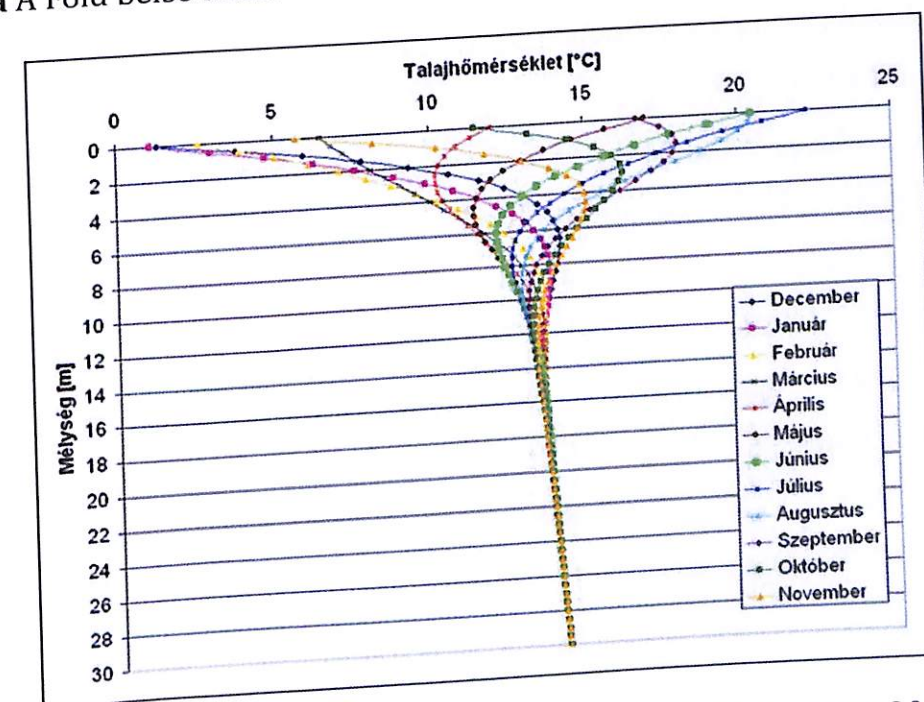
¹⁰ [5] Benjamin M. (2016). Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report

¹¹ [24] Tóth, A. & Bobok, E. (2016) Flow and Heat Transfer of Geothermal Systems. Elsevier

mindennapi ember számára, ám annál elengedhetetlenebb, nem más, mint a felszín alatti hosszú felezési idejű radioaktív izotópok folyamatos bomlásából keletkező hő.



2. ábra A Föld belső szerkezete és hőmérséklete (Mádlné Szőnyi, 2006) ¹²[12]



3. ábra Talajhőmérséklet változás mélység függvényében (Erdélyi, 2013) ¹³[28]
A felszíni hőmérsékletváltozások, illetve az évszakok váltakozása a felszín alatt körülbelül 15 méterig vannak hatással a talaj hőmérsékletére, látsd 3. ábra, utána

¹² [12] 6. fejezet - A geotermikus energia, ELTE

¹³ [28] https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0059_SCORM_MFGFT5054/sco_02_02.scorm

viszonylag egységesnek tekinthető, azaz a geotermikus gradiens értékével folyamatosan növekszik. A geotermikus gradiens a 100 méterenkénti egységnyi hőmérséklet változás értéke a Föld középpontja felé.

száraz, laza talaj	10-15 W/m ²
nedves, kötött talaj	15-20 W/m ²
vizes, kötött talaj	20-25 W/m ²
vízzel telített	25-30 W/m ²
talajvízszin alatt	30-40 W/m ²

4. táblázat Fajlagos hőteljesítmény száraz és nedves talajokban¹⁴[29]

5. Hazánk adottságai

A Föld átlagos geotermikus gradiense 3°C 100 méterenként. Ezzel szemben Magyarország átlagos értéke 5 - 8 °C/100 m. Általánosan kijelenthető, hogy hévízforrások közelében jóval magasabb ez az érték. Minek köszönheti hazánk ezt az egyébként is átlagon felüli értéket azon túl, hogy hévízforrásokban is bővelkedik? Szerencsés globális elhelyezkedésének. A Pannon-medencét északról és keletről a Kárpátok, délről a Dinári-hegység, nyugatról pedig az Alpok határolja. A terület kialakulása az Eurázsiai- és Afrikai-lemez összeütközésére vezethető vissza az eocén kortól a miocén végéig¹⁵[11]. A Pannon-medence alsó kőzetét könnyedén koptatják alulról a litoszféra mozgások (5-M Melléklet). Magyarországon 24-26 km körüli a földkéreg vastagsága, így lényegesen kevesebb utat kell megtennie a hőnek, illetve kisebb fűrási mélységnél is számottevő hőmérsékletemelkedést mérhetünk. Azonban vékonyabb földkéreg (4-M Melléklet) még nem lenne önmagában elegendő ilyen helyzeti előnyhöz. Közrejátszik, hogy a medence repedezett mészkő rezervoárjai laza homokkővel vannak kitöltve, ami egyben jó hő- és vízvezető képességekkel is bír, köszönhetően a miocén kori Pannon-tengernek és folyamatos visszahúzódásának. Mondhatni a Pannon-medence geotermális puffertartályként funkcionál. A passzív földi

¹⁴[29] https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Energiaellatas_alternativ_energiaforrasok_hasznositasa/ch06s02.html

¹⁵[11] Tóth, L., Zsíros, T., Mónus P., Kiszely M. (2002). A Pannon-medence szeizmicitása. Földtani Közlöny 132/különszám, 327-337 (2002) Budapest

hőáram átlag értéke mintegy $90-100 \text{ mW/m}^2$, körülbelül kétszerese a kontinentális átlagnak ¹⁶[4]. Megjegyezném, hogy Európában nincs még egy ország, aminek az ország területéhez képest ilyen nagymértékben, majd az egész ország területe alatt ennyire vékony lenne a földkéreg (4-M Melléklet). Egyértelműen geotermikus nagyhatalomnak nevezhető hazánk, Magyarország.

6. Geotermikus energia

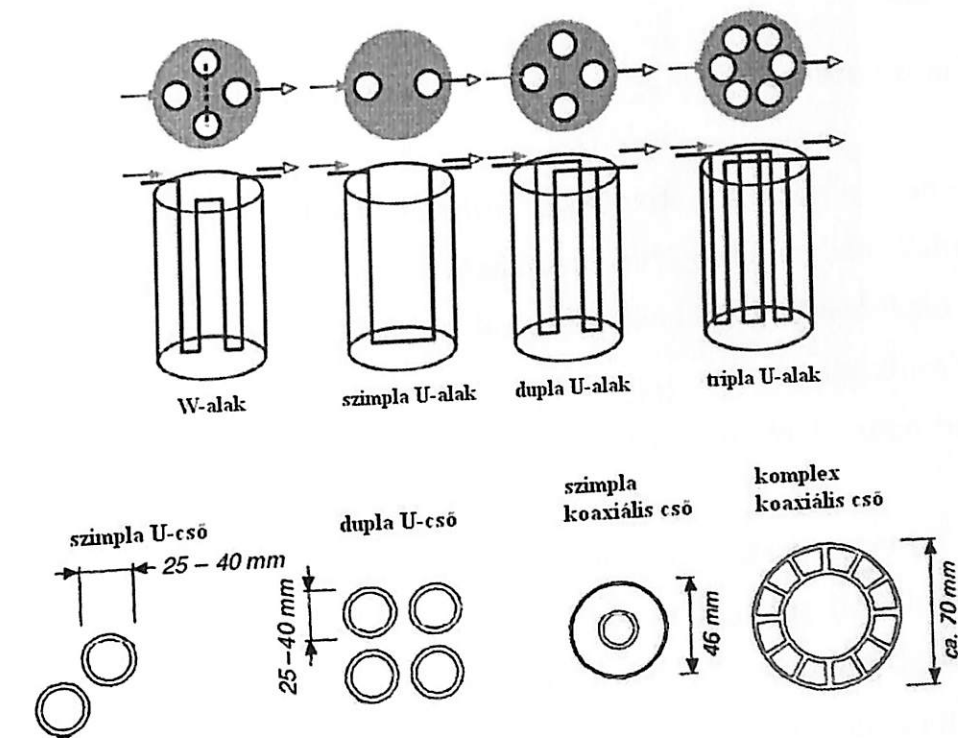
6.1. Hőkinyerés formái

Földünk hőjének hasznosítására több technológia is rendelkezésünkre áll. A technológiák nem újkeletűek, működési elvük régóta ismert, és régmúltra tekint a használatuk. Folyamatos kutatásokkal fejlesztik a rendszereket a hatékonyabb és biztonságosabb kiszolgálás érdekében. Felszín közeli, azaz a terepszinttől számítva maximum 250-300 m mélységig a hőkinyerés formája történhet nyitott és zárt kutas rendszerben. Nyitott rendszereknél közvetlen a felszíni vagy felszín alatti vizek kinyerésével, és hőjének hasznosításával állítanak elő energiát. A kinyert, úgynevezett fluidum elvezetése, visszasajtolása jogszabályokhoz, rendeletekhez kötött. A nyitott rendszer nem kerül további részletes bemutatásra, mivel az alkalmazott technológia zárt rendszerű. A zárt kutas rendszer, lehet talajkollektoros és földhőszondás. Míg a talajkollektor a felszínhez közel horizontálisan vagy szögben helyezkedik el, addig a szondák vertikálisan nyúlnak le nagy mélységekig. Mindkét rendszerben a hőközvetítő közeg valamilyen fagyálló folyadék, amit jó minőségű, korrózióálló műanyag csőben keringtet a hőszivattyú berendezés. A hőcserélő folyadékot a továbbiakban fluidumnak nevezzük. A talajkollektoros módszer a felszín közeli rétegekből nyeri ki a Naptól származó közvetett hőenergiát. Ezzel szemben a földhőszondák időben állandónak nevezhető mélységi bomlásoknak köszönhető hőenergiát hivatottak kinyerni. Esetünkben zárt hurkos, azon belül is szondás rendszer kerül tervezésre, továbbiakban földhőszonda.

¹⁶[4] Gööz, L. (2003). The Natural Reasuces of Hungary, Bessenyei Publisher Ltd.

6.2. Földhőszonda, mint mélyépítési műtárgy, hőkivétel elmélete

A földhőszondáknak semmilyen teherviselő szerepe nincs. Méretezett átmérőjű, a földtani adatosságoktól függően általában 50 - 150 m mélységig leérő cölöp. Ebben a fluidum le és felmenő ága a tervezéstől függően a legkülönbözőbb módokban lehet kiosztva a megfelelő hatásfok elérése céljából polietilén csőben keringtetve.



4. ábra Különböző típusú földszondák keresztmetszete ¹⁷[19]
Az átmérő a cső külső méretét jelöli.

A legáltalánosabb a szimpla U csöves vagy dupla U csöves elrendezés. Anyaga általában polietilén cső. A kiépítés folyamán először le kell fúrni az előzőleg meghatározott mélységig, méretezett keresztmetszettel. A fúrás folyamán biztosítani kell a beomlás elkerülését bentonitos zaggyal, ha száraz fúrás nem kivitelezhető megfelelő biztonsággal. A fúrat megléte után a csöveket megfelelő távtartókkal, látsd 5. ábra, ellátva sajtolják, majd tömedékelik. A szondák telepítése során a furat beomlása a legkritikusabb. Omlás bekövetkezhet a fúrás, csősajtolás és tömedékelés folyamán egyaránt. Csak sérülésmentes csöveket lehet beépíteni. A csősajtolást biztonságosabb módjának érdekében újabb módszereket fejlesztenek ki, ilyen például a csővezeték végére szerelhető bennmaradó végsúlyal történő sajtolás látsd 6. ábra.

¹⁷[19] <http://www.hgd.hu/hu/foldhoszonda-furas>



5. ábra Távartó¹⁸[33]



6. ábra Szondasúly¹⁹[33]

A tömedékelés lentről felfelé haladva, esetünkben bentonit, homok, és cement keverékével történik, illetve víz hozzáadásával 30%-os arányban. Vannak már direkt erre a célra kifejlesztett jó hőátadó képességekkel bíró tömedékelő anyagok, mint például a Geort Mix Prémium. Megfontolandó ezen termékek választása, mivel a kezdeti költségeket igaz, hogy növeli, de a hatékonyságot nagyon kedvezően befolyásolja. Már tervezéskor ismerni kell az anyagválasztást.

Ha a tömedékelés nem megfelelő ütemben zajlik, túl gyorsan, vagy túl lassan, ilyenkor zárványok, hézagok alakulhatnak ki, vagy elfolyás is akár egy lazább nem megfelelően feltárt rétegben. Ilyenkor a kialakított szonda nem képes az egységes hőfelvételt, a méretezési feltételeket nem képes teljesíteni. Tehát kiemelt tekintettel kell lenni az omlásveszélyre, és az egyenletes feltöltésre.

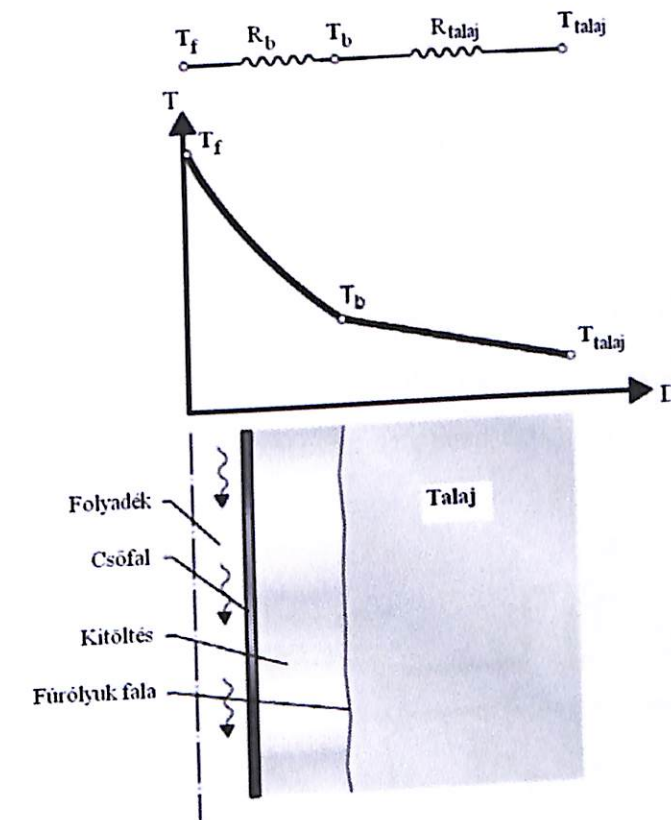
Ha a csőanyag sérül a sajtolás vagy tömedékelés folyamán, akkor vissza kell nyerni és újabb sérülésmentessé kell pótolni. A kötéseket, forrasztásokat sajtolás előtt ellenőrizni kell szemrevételezéssel. Az épségét az előírásoknak megfelelő nyomáspróbával is ellenőrzik. Ha a hiba az üzembehelyezést követően derül ki, használhatatlanná teszi a rendszert és lényesen megnöveli a költségeket, mivel teljesen új műtárgyat kell telepíteni az igények teljesítésére, ha ez kivitelezhető.

Fontos, hogy jó hővezető képességű legyen a tömedékelő anyag, és mindig igazodjon a környezete hővezető képességéhez. Optimális esetben a fűrólyuk termikus ellenállása a

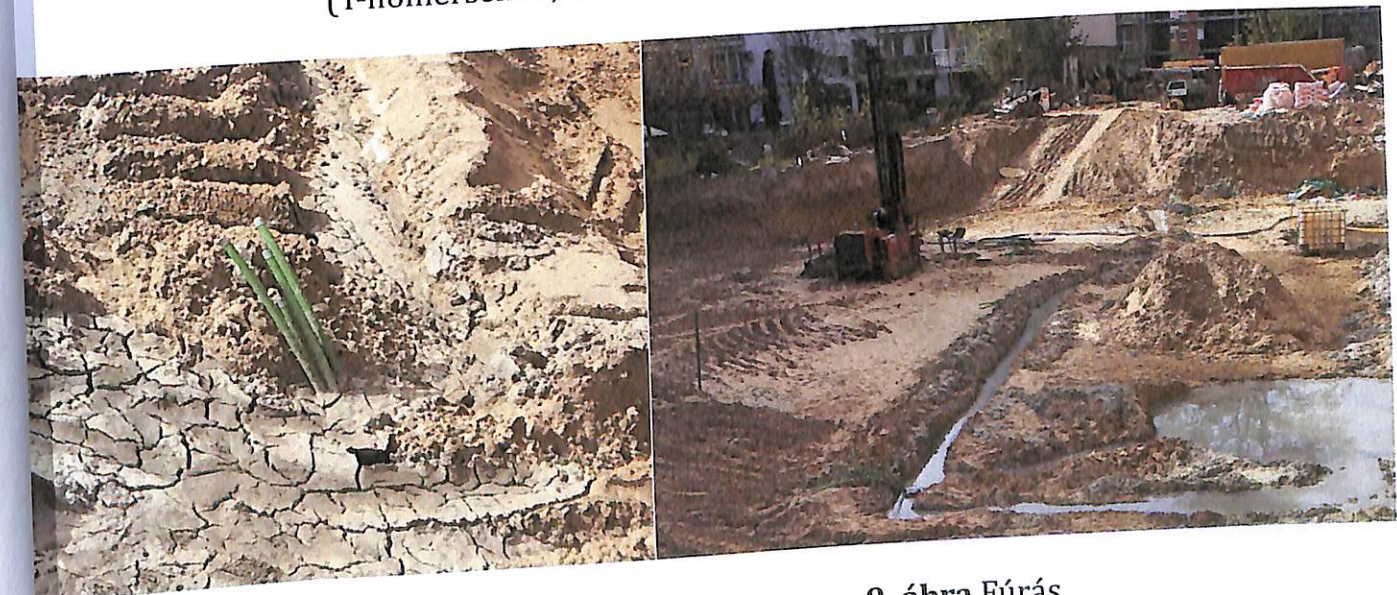
¹⁸ [33] <http://www.pipelife.hu/media/hu/Katalogusok/Geolife-Italnos-ismertet.pdf>

¹⁹ [33] <http://www.pipelife.hu/media/hu/Katalogusok/Geolife-Italnos-ismertet.pdf>

fluidumtól kifelé folyamatosan csökken a csőfalon és a tömedékelő anyagon keresztül a talaj felé vertikális és horizontális irányban egyaránt.



7. ábra Földhő szonda optimális termikus ellenállása a talaj felé
(T-hőmérséklet, R-ellenállás, D-távolság)²⁰ [34]



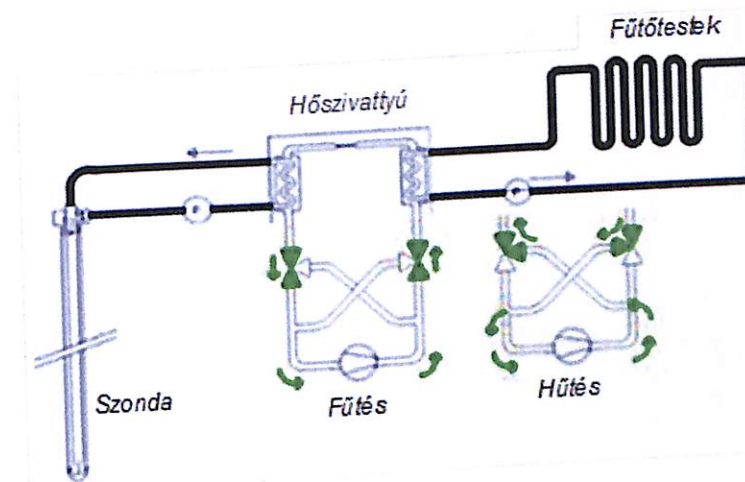
8. ábra Ledugózott csővezetékvég
(Szerző, 2016)

9. ábra Fúrás
(Szerző, 2016)

²⁰ [34] Hellström G. (1991). Ground Heat Storage. Dept. of Mathematical Physics, Lund Institute of Technology Sweden

Amíg a környező építési, alapozási és egyéb munkálatok folynak, a felszínen lévő csővégeket le kell zárni, ezzel elkerülve a szennyeződések, elzáródások lehetőségét, látsd 8. ábra.

Üzemidő alatt a hőáram fűtés, illetve igény szerint a használati melegvíz előállítása céljából a talaj hőmérsékletéhez képest egy alacsonyabb hőmérsékletű fluidum kering a hálózatban. A csőhálózat lemenő ága folyamatosan felveszi a környezete hőmérsékletét a cső palástfelületén keresztül, majd ez a hő a fluidum, mint hőközvetítő anyag segítségével a hőszivattyúba ér, onnan már lehűlt formában kezdi újra útját a talaj felé folyamatosan cirkulálva. A hőszivattyúban végbemenő folyamatok megértését a 10-14. ábrák segítik. Hűtésnél a rendszer pontosan az ellenkező irányban szállítja a hőt.



10. ábra Háromállású szelepek átváltásával állítható aktív-hűtési vagy fűtési üzem²¹[29]

A legáltalánosabb példával élve olyan, mint egy nagy hűtőszekrény. A későbbiekben részletesen bemutatásra kerül a működési elve.

6.3. A hőszivattyú és COP

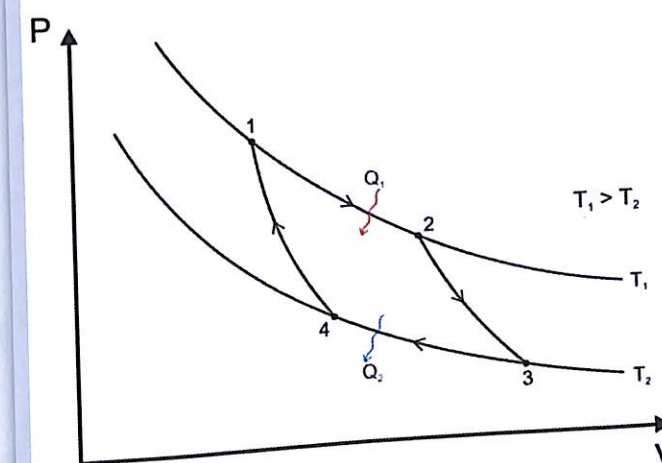
A földhőszondás rendszereknek mindenképp szüksége van hőszivattyús rásegítésre fűtés és használati melegvíz termelés céljából, a közvetlen felhasználás nem elégítené ki a hőigényt. A beltéri szükséges komfortérzet megteremtése érdekében körültekintően kell hőleadó eszközt választani. Ilyen például a falfűtés, padlófűtés, mennyezetfűtés vagy

²¹ [29] https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Energiaellatas_alternativ_energiaforrasok_hasznositasa/ch06s02.html

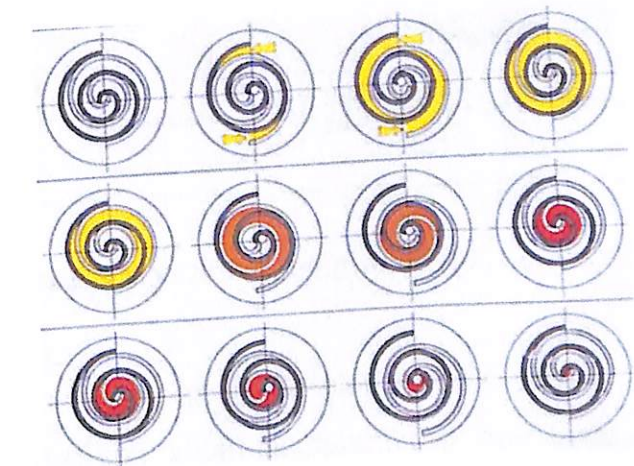
fan cooling, ami megfelelően tud működni egy alacsonyabb hőfokú rendszerben is, ahol már $35-50^{\circ}\text{C}$ elegendő lehet²² [17]. A geotermikus szondák hosszú távra kerülnek a talajba. Tervezési idejük általában a hőszivattyú életartamáig szól, ami minimum 25 év, viszont működési idejük optimális esetben 30-50 év is lehet.

Kisebb méretű, azaz 30 kW-nál kisebb teljesítményű rendszerek tervezésénél Magyarországon is általánosan alkalmazzák a VDI 4640 német szabvány előírásait. Nagyobb hálózatok tervezésekor is irányadók a benne foglaltak.

Annak érdekében, hogy el legyen kerülve a rendszer műszaki és pénzügyi túlméretezése, vagy alul méretezése, nagy rendszerek tervezésekor, minden esetben szondatesztet, azaz Thermal Response Test-et (TRT) kell végezni és a kapott eredmények alapján kell meghatározni a létesítendő szondák számát és egyéb paramétereit. A pontos és gyors meghatározásra több szoftver is segítségünkre lehet. Minden hőszivattyús rendszer a Carnot-körfolyamatra épül. Két ábrán (11-12. ábra) keresztül szeretném pontosabban bemutatni, amik nem is különböznek egymástól, ha jobban megvizsgáljuk őket.



11. ábra Carton-körfolyamat
Nyomás(P) - Térfogat(V) síkon ²³[25]



12. ábra Spirálkompresszor
(Scroll-kompresszor) ²⁴[30]

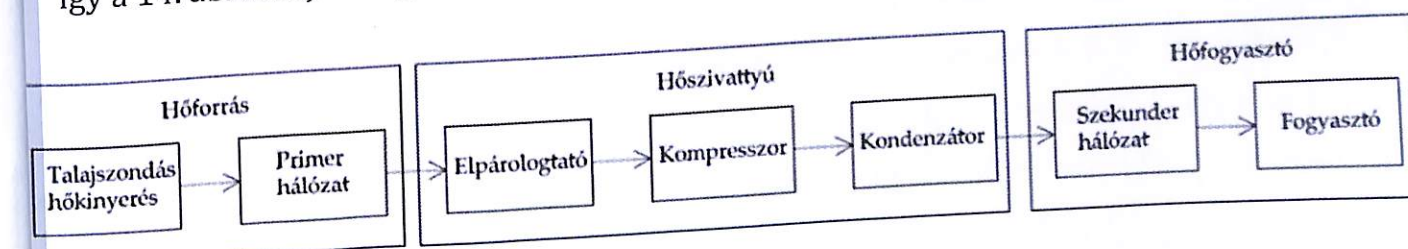
²² [17] <http://brunnen.hu/index.php?q=hu/node/11>

²³ [25] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Carnot-ciklus>

²⁴ [30] <https://www.rifeng-hoszivattyu.hu/kompresszor>

A spirálkompresszor térfogatkiszorítás elvén működik. Egy teljes munkafolyamat a főtengely három teljes körül fordulása alatt zajlik le. A színek jól ábrázolják, a nyomás növekedése a térfogat csökkenéséhez vezet, így nő az anyag sűrűsége, és ezáltal a hőmérséklete is. Ezt szemlélteti a nyomás-térfogat diagram is a 11. ábrán. Ha aktív hűtés alkalmazására kerül sor, akkor a folyamat megfordul. Az anyag kitágul, sűrűsége csökken, és a hirtelen térfogatváltozás és nyomáscsökkenés hatására hőmérséklete lehűl.

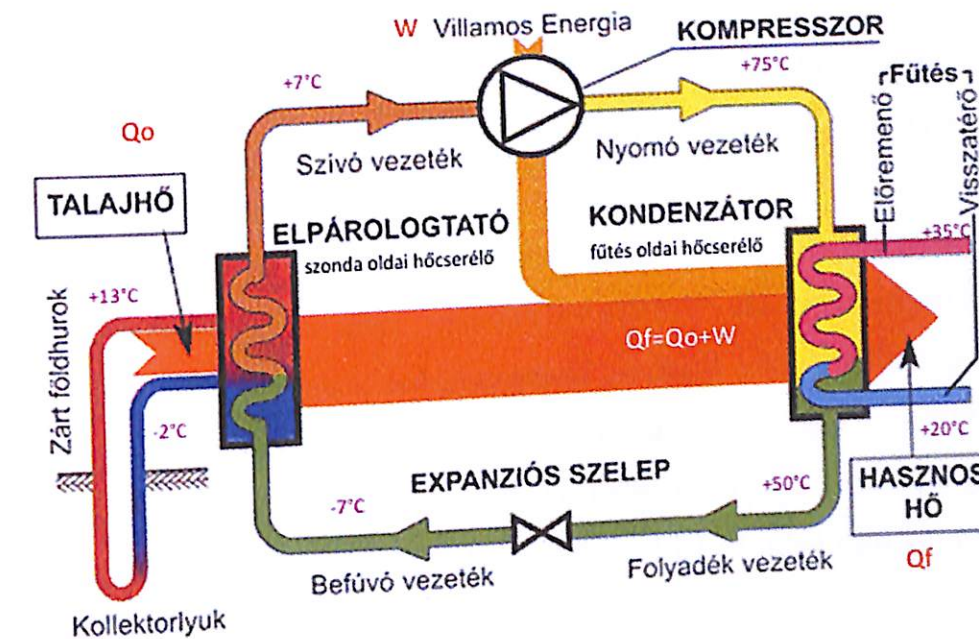
Hőszivattyúnak nevezhetjük magát a termikus folyamatot, mint egy pumpával kiszivattyúzzuk a talajból a hőjét hőközvetítő segítségével. Esetünkben gépészeti szempontból a hőszivattyú egy nagy teljesítményű klímaberendezés, amibe a talajból érkező fluidum csövei becsatlakoznak, majd a fluidum alacsonyabb hőfokából kinyert hőmennyiséget plusz elektromos áram felhasználásával magasabb hőfokú közeggé alakítja, és ezt adja tovább a fogyasztó számára. Sematikus bemutatás látható a 13. ábrán. Fontosnak tartom a gépészet termodinamikus folyamatainak pontos megértését így a 14. ábrát saját kiegészítéseimmel ajánlom minden olvasó figyelmébe.



13. ábra A talajszondás hőszivattyú rendszertani vázlatos felépítése²⁵ [3]

Hőszivattyús rendszereket első sorban lakások, közösségi épületek fűtésére, illetve fordított üzemmódban hűtésre alkalmaznak. Továbbá alkalmas háztartási melegvíz előállítására is. Megtalálható ökológikus szemléletmódban tervezett és kiépített kisebb agrárgazdaságok, haltelepek kiszolgálójaként is. Magyarországon is egyre nagyobb teret hódítanak a geotermikus rendszerek különböző típusai, mivel beépített, urbanizált területeken is jól alkalmazható lokális ellátást tesz lehetővé. Nagyobb rendszerek akár teljes városrészeket, kisebb településeket is elláthatnak, skandináv országokban egyre elterjedtebb. Három munkafázisban üzemelhetnek. Fűtés, hűtés és együttes működés, amikor használati melegvizet is előállít a rendszer.

²⁵ [3] Méhes, Sz. (2011). Kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása épületgépész feladatokra



14. ábra Hőszivattyú termikus folyamatainak elméleti ábrája szemléltető hőmérsékleti értékekkel²⁶[18]

A hőszivattyúk energetikai tulajdonságát az angol "Coefficient Of Performance", azaz COP mértékegység nélküli mutatóval kell meghatározni. A kinyerhető fűtési hőenergia és az ehhez szükséges külső villamos energia viszonyszámából kapunk meg. Minél nagyobb ez az érték, annál jobb a hőszivattyú hatásfoka, azaz annál jobb teljesítményt ér el kevesebb külső energiaszükséglettel. Magyarországon legalább 4 vagy annál magasabb értéket kell produkálnia a választott hőszivattyúnak²⁷[7]. Óvatosabb megnevezésként a "jóságfok" kifejezést használnám amerikai mintára:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{leadott}}{P_{felvett}}$$

$\dot{Q}_{leadott}$ — a kondenzátorból a fogyasztói rendszernek átadott hő
 $P_{felvett}$ — kompresszor hajtásához felvett villamos teljesítmény²⁸[3]

²⁶ [18] https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0021_Megujulo_energia/ch04s02.html

²⁷ [7] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010). Magyarország megújuló energia hasznosítási és cselekvési terve 2010-2020

²⁸ [3] Méhes, Sz. (2011). Kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása épületgépész feladatokra

A gépészeti berendezéseket csak ugyan azon hőmérsékleti viszonyok mellett lehet összehasonlítani, ami földhőszonda esetén 0 °C bejövő a primer körön és 35 °C kimenő a szekunder körben van értelmezve²⁹[18].

A hatásfok azonban az év folyamán változhat, a hőmérsékleti igények változnak az évszakok váltakozásával, a rásegítési igény is így változik, viszont a hőforrás állandónak tekinthető. Van hogy kevesebb külső energiával elérhető a kívánt hozam, ezért az egy évre vonatkozó energiaszám pontosabb képet ad a hőszivattyú teljesítményéről egy adott térségben. Ezt nevezzük "Seasonal Performace Factor"-nak (SPF vagy SFP). Számítása tapasztalti méréseken alapul. A német VDI 2067-6 szabvány is részletezi. Legegyszerűbb számítási módja:

$$SFP = \frac{Q_{h\ddot{o}-m\acute{e}rt-id\acute{e}ny}}{E_{elekt.-m\acute{e}rt-id\acute{e}ny}}$$

$Q_{h\ddot{o}-m\acute{e}rt-id\acute{e}ny}$ - a hőszivattyú által felvett villamosáram fogyasztás (kWh)

$E_{elekt.-m\acute{e}rt-id\acute{e}ny}$ - a hőszivattyú által leadott hőmennyiség (kWh) ³⁰[31]

Érdemesebb lenne az egységesített COP érték helyett a SFP-t használni és minimális értékekhez kötni, mivel a fogyasztó számára ez ad valósabb képet a vásárolt termékről. Ehhez viszont lokális tapasztalati értékekre van szükség.

6.4. Műtárgy hatása a környezetére

6.4.1.Építéskor

A műtárgy telepítése folyamán nincs számottevő hatással a környezetére, amennyiben az körütekintően zajlik. Viszont ha nem megfelelő, akkor kárt okozhat a talajban, hidrogeológiában és biodiverzításban is. A telepítés folyamán körütekintőnek kell lenni, a talajban lévő fel nem tárt szennyeződések továbbvitelének elkerülése érdekében. Indokolt esetben béléscsővel kell a fúrást kivitelezni, hogy akár két vízzáró réteg között se történjen átszivárgás, illetve elszennyezés. Ez nagymértékben kiküszöbölhető a gondos előzetes kutatómunkával. Lehetőleg kerüljük az artézi vizek környékét és régi

²⁹ [18] https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0021_Megujulo_energia/ch04s02.html

³⁰ [31] Magyar Épületgépészet, LXI. évfolyam, 2012/7-8. szám 18. oldal

hulladéklerakókat, bányaterületeket, földalatti vasutak környezetét, egyéb közművezetéseket.

A felépítmény építése folyamán sincsenek egymásra hatással a talajban lévő szondák és a felépítmény, amik lehetőleg minimum 50 cm ágyzatban menjenek a bekötési pontig. A jövőbeni kiszolgáló építésének megkezdése előtt fontos a pontos tervezés és a szondák raszterkiosztása, például az alapozás típusa, elhelyezkedése szempontjából. Szomszédos épülettől minimum 2,5 m távolságot kell tartani, közművezetésektől szigeteléssel védve 70 cm minimum védőtávolságot kell tartani. A vízszintes gyűjtővezeték homokágyban fagyhatár alatt kell az épületig vezetni és ott megfelelő szigeteléssel ellátva bekötni. Maga a fúrás csekély zaj- és rezgésáttalommal jár, a feltöltés és tömedékelés, valamint nyomáspróba hatása is elenyésző. A nyomáspróbát először tiszta vízzel végzik, ha esetleg szivárgás van, akkor se szennyezze el a talajrétegeket, viszont a hiba azonnal észlelhető a visszkapott adatokból. Méretezése függ a talajviszonyoktól is. Egyedi méretezésre van szükség minden típusnál. "Ököl szabályok" nem alkalmazhatók, mivel a túlméretezés esélye többletköltséget jelenthet és ezzel szemben nagy valószínűséggel rövidebb élettartamot és nem megfelelő hatásfokot az egész rendszer számára.

Amint a szondák kiépítése megtörténik, a szondacsöveket dugózzák. Ha nem zárják le megfelelően, akkor akár eltömődhet, sérülhet a csővezeték, és az egész szonda használhatatlanná válhat. Érdemes előre figyelembe venni az épületbe csatlakozás helyét. Az lehetőleg fagyhatár alatt legyen, és megfelelő szigetelést, védelmet kapjon a csővezeték, ahol negatív hatás érheti. Ez a hőveszteség elkerülése végett is fontos. Esetünkben az alapozási sík jóval fagyhatár alá kerül, mivel mélygarázs is épül a lakópark számára. A szondák kiépítése az alapozás megkezdése előtt, az alapozási sík alatt kerülnek kivitelezésre. Megfelelő takarással egy központi helyen felvezetve, ahol közvetlenül a gépházba, azon belül a hőszivattyú berendezésbe kapcsolódhatnak. Az alapozás áttörését, a csövek bekötését a gyűjtőpontban úgy kell kialakítani, hogy a csövek mentesek legyenek mind külső, mind belső hatásoktól. A vízszintes vagy függőleges mozgások károsító külső hatásai ne tudják elnyírni azokat, illetve a hőtágulást is figyelembe kell venni, amit a hőcserélő folyadék, fluidum hőmérsékletváltozása eredményez. A talajvíz elleni szigetelésre is hangsúlyt kell fektetni, ha a bekötés a mértékadó talajvízszint alatt történik.

6.4.2. Üzemeltetés alatt

Megfelelő kivitelezés és üzemszerű használat mellett nem várható negatív környezeti hatás az üzemidő alatt sem. Természetesen a nagy mélységekben lévő mikrobákra néhány celzius fok eltérés is hatással lehet, viszont ennek jelentős mértékű negatív hatása nem kimutatott. Üzemelés folyamán a nyomás és hőmérséklet állandó ellenőrzés alatt van így, ha szivárgás történik, azonnal érzékelhető, és a rendszer lokális lekapcsolásával megszüntethető. Probléma csak nem várt események bekövetkezésénél történhet. Kevésbé várható oly mértékű felszerkezeti süllyedés, ami már kritikus nyomást gyakorol a szondatestekre és a polietilén csövek elrepedését előidézhetheti. A nem megfelelően méretezett rendszer, nem megfelelő fluidum választása, valamint a nem megfelelő minőségű polietilén cső és tömedékelő anyag beépítése is repedéseket okozhat a cső hőtágulásai miatt.

Épület bekötésnél, ha nem közvetlenül a kiszolgáló épület alá kerül a földhőszonda, figyelni kell a talajvíz viszonyaira, mivel megeshet, hogy mínusz fokos fluidum megy a lemenő vezetékben és a talajvíz megfagyasztása térfogatváltozás eredményez és roncsolhatja a közeli építmény alapozását.

Érdemes elgondolkodni a földrengés hatásán is. Sem függőleges, sem vízszintes teherviselésre nincsenek tervezve a földhőszondák. Képesek-e elnyíródni a szondacölöpök? Így a fluidum a környezetbe kerülve károsítja azt, akár a talajvizet, vagy ivóvízforrást is elszennyezve. Nagyobb valószínűséggel fog csupán megrepedezni a szondatest, és a polietilén cső rugalmasságát tekintve nem nyíródik el. A bekötési pont lehet ilyen esetben a legkritikusabb.

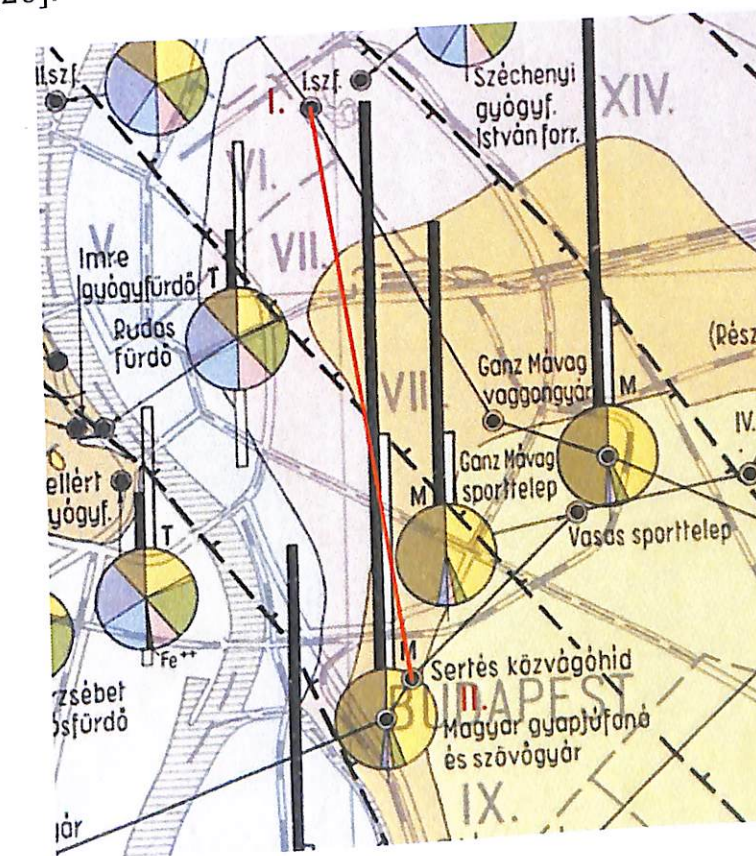
6.4.3. Felszámolás után

Ha valamilyen okból kifolyólag megszűnik a földhőszondák használata, akkor azokat körültekintően lezárják. Ezt megelőzően a fluidumot visszanyerik, a csővezetékét átmossák, majd a csöveket dugózzák. A szondatestek bent maradnak a földben, mivel nem lenne gazdaságos visszanyerni azokat, akkor sem, ha nem a felépítmény alatt helyezkednek el.

annak olyan fejlesztések, mint például a PE-XE típusú polietilén cső, aminek nincs szüksége tömedékelő anyagra, elég ellenálló a sajtolás folyamán, és nincs sérülési kockázata. Ezt a típust érdemes visszanyerni, még ha nem is kerül újra felhasználásra.

Tervezési alapadatok

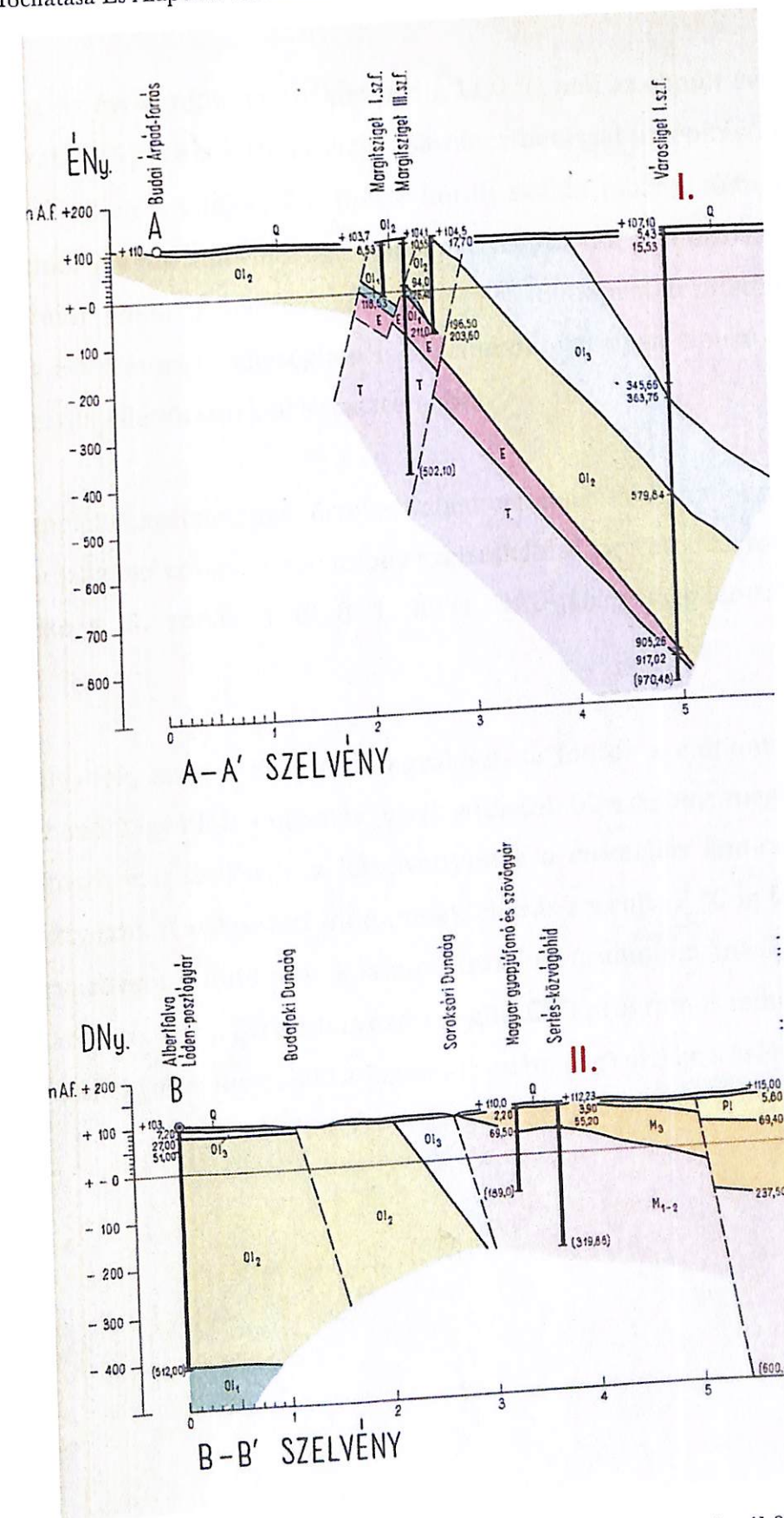
Budapest IX. kerülete a Duna pesti oldalán, a Pesti-Hordalékkúp-síkságon fekszik, ahol a Duna fluviális és derázis hatásai alakították a felszínt. Számos helyen a városi feltöltés alatt mészkőüledékek taglalják a Duna teraszait, alatta pedig többnyire harmadidőszaki rétegek a miocén korból. Földtani kormeghatározás alapján 0-4 m-ig Holocén, 4-12,7 m-ig Pleisztocén, 12,7-65 m-ig Miocén, valamint 65-100m-ig Oligocén kori képződmények jellemzőek. Talajrétegződés alapján 2,7 m mélységig feltöltés, majd 12,7 m-ig miocén kori homokos kavics, majd ez követi 65 m-ig szintén miocén kori agyagos-homokos leaurit, végül az oligocén kori agyag, agyagmárgás képződmény várható további mélységekben³¹[20].



15./a ábra Lokális földtani kormeghatározás I-II. pontok között ³²[20]

[20] Nagy Budapest Fedetlen Vízföldtani Térképe 1:100000, (1958) Magyarország Vízföldtani Atlasza, Magyar Állam Földtani Intézet

[20] Nagy Budapest Fedetlen Vízföldtani Térképe 1:100000, (1958) Magyarország Vízföldtani Atlasza, Magyar Állam Földtani Intézet



15./b ábra Lokális földtani kormeghatározás I-II. pontoknál ³³[20]

Éghajlatát tekintve Magyarország mérsékelt övi kontinentális éghajlatú. Mérsékeltlen meleg, száraz. Budapest évi csapadék mennyiség átlagosan 516 mm, a napsütéses órák

[20] Nagy Budapest Fedetlen Vízföldtani Térképe 1:100000, (1958) Magyarország Vízföldtani Atlasza, Magyar Állam Földtani Intézet

száma 2040 óra. Az évi középhőmérséklet pedig $11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ami az elmúlt években növekvő tendenciát mutat³⁴[15];[16]. A Duna vízjárása nincs hatással az építési terület talajvíz szintjére. A területben a talajvíz 2-6 méter körüli skálán mozog. Kémiai összetételét tekintve a kalcium-magnézium-hidrogénkarbonát vegyületek jellemzőek. Keménységét és szulfáttartalmát emeli a fővárosi környezet³⁵[2]. Budapest területén artézi kutak kevesebb, mint 50 méteres mélységben is fellelhetők, így ilyen típusú fúrás esetén a területet előzetesen ellenőrizni kell kataszterekből.

Budapest potenciális szeizmicitás értéke valamivel magasabb az országos átlagnál, habár Magyarország egész területe alacsony szeizmicitású körzetbe tartozik. A tervezési gyorsulás értéke a 3. zónában EC-8 1. füzet NAD-jában megadottak szerint $k_g = 0,08$ ³⁶[22].

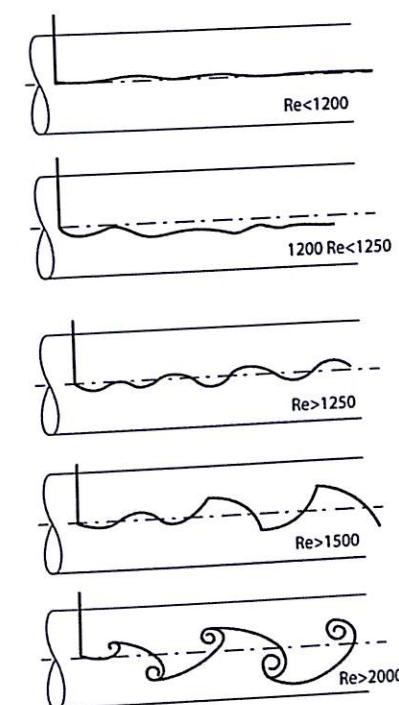
A hőcserélő folyadék, azaz a fluidum megválasztása fontos szempont a tervezéskor. Mivel a különböző fagyállók más-más viszkozitással bírnak, így meglehetősen nagyobb energiabefektetésre van szüksége a hőszivattyúnak a cirkulálás fenntartásához, azaz nehezebb szivattyúzni. A választott fluidumnak előírás szerint $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig fagyállónak kell lennie³⁷[1]. Tervezéskor a fluidumnak laminárisan kell áramolnia, máskülönben veszít hatásfokából. látsd 16. ábra. Erre a tervezést segítő EED program is felhívja a figyelmet hibaüzenettel, amikor nem megfelelő a Reynold's szám (Re) értéke a csőhálózatban.

³⁴[15] <http://www.bacsiskiskun.hu/uploads/files/klima/tudastar/22-tudastar.pdf>
³⁶[16] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Budapest#.C3.89ghajlat>

³⁵[2] ÉGH (2010). Magyarország kistájainak katasztere, MTA Földrajztudományi Kutatóintézete, Budapest

³⁶[22] Dr. Dulácska E. & Dr. Kollár L., Méretezés Földrendése az Európai Elvek Figyelembevételével
<http://volgyesi.hotserver.hu/mszeizmo/dulacska.pdf>

³⁷[1] Kolmós, F. & Fodor, Z. & Kapros, Z. & Dr. Vajda, J. & Vaszil, L. (2009). Hőszivattyós rendszerek Heller Ászló születésének centenáriumára; © Copyright Komlós Ferenc



16. ábra Lamináris-turbulens átmenet³⁸[23]

Reynold's szám nem mehet 2320 felé, mivel ezen kritikus határértéknél az áramlás már turbulensé válik, romlik a hatásfok.
Reynold's szám értékének meghatározása földhőszondában³⁹[34]

$$Re = \frac{vl}{\nu} = \frac{\rho vl}{\eta}$$

Re - Reynolds – szám (dimenzió nélkül)

l - csőátmérő (m)

ρ - áramló fluidum sűrűsége [kg/m³],

η - áramló fluidum dinamikai viszkozitása (Pa*s) vagy (N*s/m²) vagy (kg/m*s)

v - áramlási sebesség (m/s)

ν - kinematikai viszkozitás (m²/s)

...semmi sem kifogyhatatlan, ha a felhasználás sebessége meghaladja az újra-
ermelődés sebességét, akkor helyileg hiány keletkezik, és a talaj átlagos hőmérséklete
éles csökken" ⁴⁰[1]. Ha nem megfelelő hosszúságúra tervezzük a földhőszondát
akkor a fluidumnak nincs elegendő ideje felmelegedni a kívánt hőmérsékletre, így

[23] Lamináris-turbulens átmenet https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/011_0059_SCORM_MFKGT5051/sco_02_01.scorm

[34] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Reynolds-szám>

[1] Kolmós, F. & Fodor, Z. & Kapros, Z. & Dr. Vajda, J. & Vaszil, L. (2009). Hőszivattyós rendszerek Heller
Közlő születésének centenáriuma; © Copyright Komlós Ferenc

folyamatosan túlterheljük mind a hőszivattyút, mint a hőkinyerő közeget, azaz az altalajt. Ez is egy példája miért elengedhetetlen a megfelelő méretezés.

A talaj hővezetési képességét a hővezetési tényezővel jellemezzük (λ), ami megmutatja, hogy egységnyi idő alatt egységnyi felületen mennyi hő áramlik át, mértékegysége J/sK vagy W/mK. Vonalmenti érték, amit a különböző talajrétegződés miatt átlagolni kell, így kaphatjuk meg a földhőszondát ténylegesen jellemző értéket. A bevitt talajadatokkal és hosszakkal számol az EED.

Néhány példa a különböző talajok hővezető képességére a VDI 4640 német szabvány meghatározásából az 5. táblázatban.

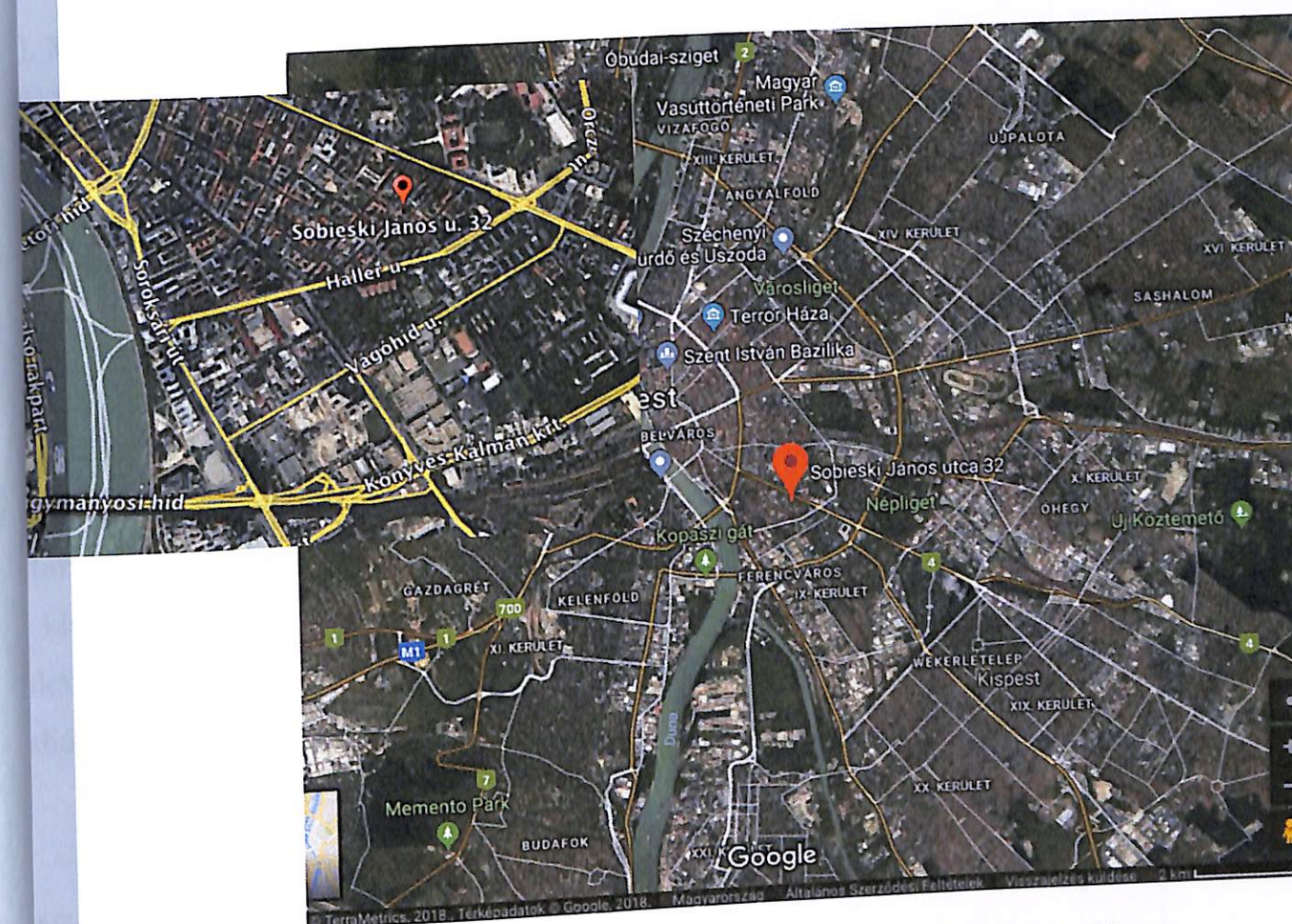
	hővezető képesség (λ) W/(mK)	hőkapacitás (C) MJ/(m ³ K)
agyag, iszap/vízzel telített agyag	0,4/0,8	1,5/2,5
homok/vízzel telített homok	0,4/2,4	1,45/2,55
kavics/vízzel telített kavics	0,4/1,8	1,5/2,4
tőzeg	0,4	2,15

5. táblázat Földhőszondák fajlagos hőelvonási teljesítménye

7.1. Helyszín bemutatása

A Sobieski János utca Budapest IX. kerületén belül az egyik legdinamikusabban fejlődő területén helyezkedik el. Ezt hivatott alátámasztani, hogy az utcában a tervező cég már meglévő mélyfúrási adatokat volt képes felhasználni, amit egy már kivitelezett újépítésű lakópark tervezésénél kapott, szintén geotermikus ellátással tervezve.

A felépítmény közvetlen szomszédságában a 30. szám alatt ehhez a lakóparkhoz hasonló épület kivitelezése második ütemben előirányzott. Dolgozatom csak a 32. szám alatti épületre terjed ki, így annak közelítő EOV koordinátái, X: 237296, Y: 652680, Z: 108 mBf. Budapest ezen területe foghíjbeépítésű, így különös tekintettel kell lenni a szomszédos épületek alapozására és állagvédelmére.



17. ábra Helymeghatározás, 1096 Budapest IX. kerület Sobieski János utca 32.
HRSZ.: 37229/6

Építési terület évek óta beépítetlen, üresen áll. Ugyanúgy igaz a szomszédos 30. számú telekre is, valamint a lábszomszédságra, Márton utca 33. számra. A Sobieski János utca egyirányú, így a Márton utca 33. szám alatti üres telekről lehet megközelíteni. Azonulásra is ezt a helyszínt kell tervezni. (1-M Melléklet)

7.2. Földtani adatok, hidrológia

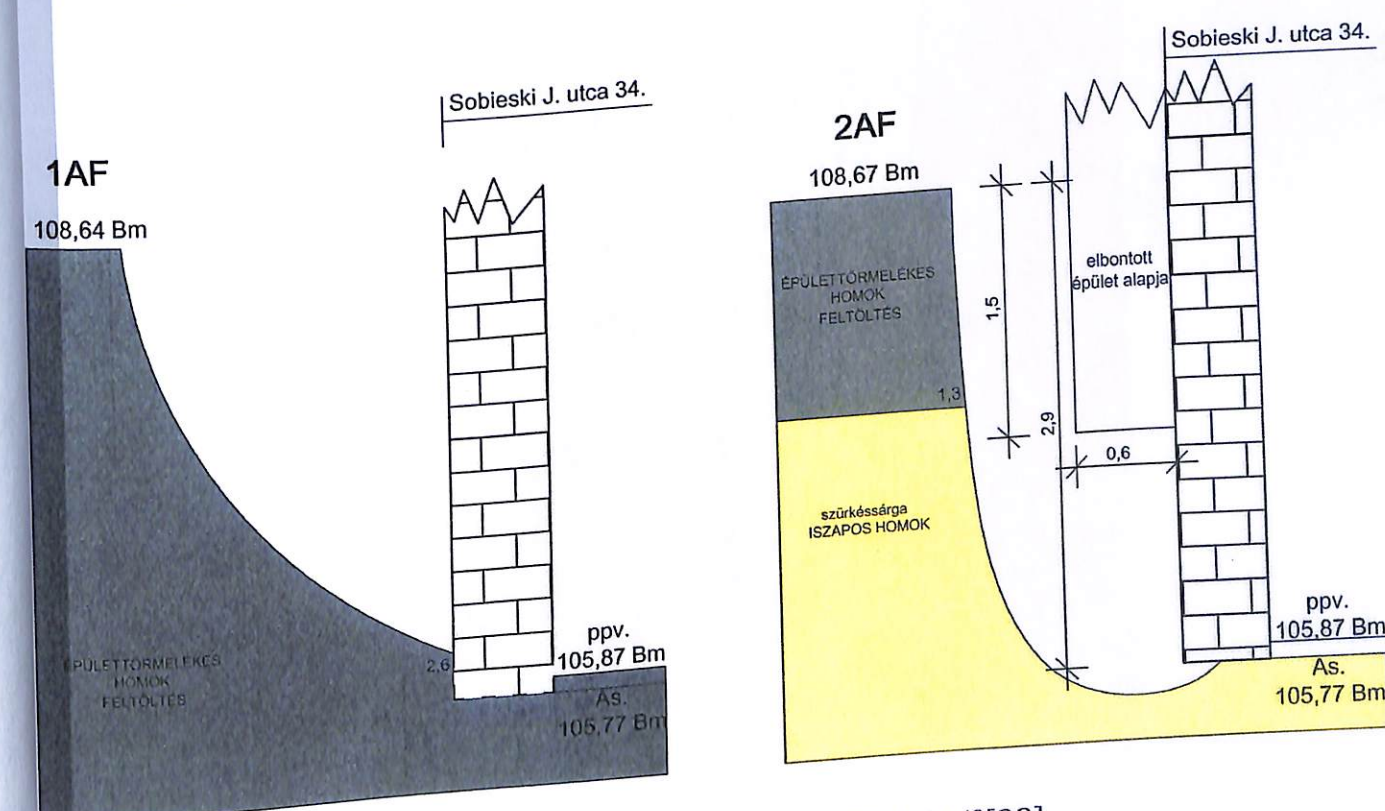
Az alajvizsgálati jelentésből^{[41][32]} kiderül, hogy a felépítmény alapozási síkja (103,76 mBf) lentebb kerül a szomszédos épület, azaz a Sobieski János utca 34. alatti épület alapozási síkjától, ami 105,77 mBf, lásd 17. ábra. Pincepadló 105,87 mBf. Az újépítésű lakópark pincegarázzsal lesz ellátva. A földhőszondák vízszintes csővezetékeit kellő távolsággal homokágyba kell fektetni a gyűjtő pontig az alapozási sík alatt 50 cm mélységben. Több mint 2 m-rel megyünk a szomszédos épület alapozási síkja alá (103,83 mBf).

[2] Részletes Talajmechanikai Szakvélemény FTV Zrt. Tsz: 2008/252-22

nBf). Mindent összegezve a 34 szám alatti épület alapozás meg kell erősíteni, javasolt technológia jet-grouting, látsd 19. ábra.

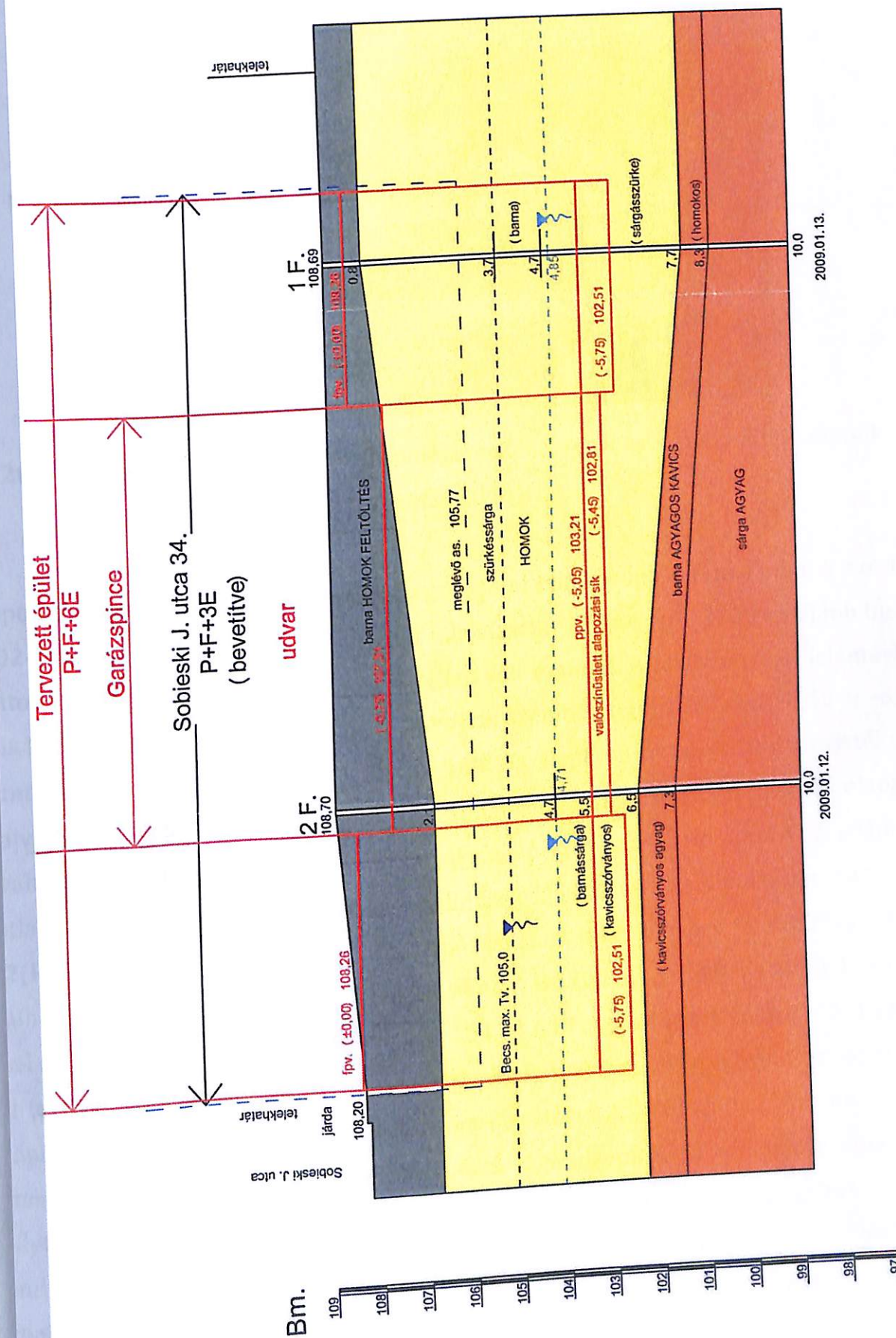
Sobieski utca utcafronti rész is talajerősítést igényel a járda alatti közművek és úttest érdekében. Erre a területre javasolt megerősítés szádfalazás vagy lőtt beton fal, átra horgonyzással.

A két ütemben elkészülő 30 és 32. szám alatti lakóparkok alapozási síkjának kiemelése történetét egyszerre, itt is jet-grouting alkalmazásával a 28. szám oldalán munkatér meghatározáshoz. Ha nem egyszerre történik, viszont az időben már előirányzott és ugyanaz a kivitelező, akkor a legköltséghatékonyabb mód a 30. szám felőli oldalon a rézsűs munkatérrelhatárolás 45°-os szögben. A terület fizikailag nincs lehatárolva, ugyanaz a beruházó, így kivitelezését semmi nem korlátozza.



18. ábra Sobieski János utca 34. alapfeltárás 42[32]

42 [32] Részletes Talajmechanikai Szakvélemény FTV Zrt. Tsz: 2008/252-22



19. ábra Rétegszelvény ⁴³[32]

[32]Részletes Talajmechanikai Szakvélemény FTV Zrt. Tsz: 2008/252-22



20. ábra Sobieski János utca 34. alapmegerősítése, egymásba metsző jet-cölöpök
(Szerző 2016)

Alapozási szempontból kedvező talajrétegződéssel találkozunk a fúrési adatok szerint. 2002-es archív fúrési adatból az abszolút talajvízszint 103,64 mBf. 2009-es újabb fúrási adatokból 103,81 mBf és 103,99 mBf értéken volt észlelve. A talajvizsgálati jelentésből az is kiderül, hogy a megütött talajvízszint ezzel szemben terepszint alatt -6,00 és -6,30 m mélységben volt észlelve, azaz 101,98 mBf. Az alapozás tervezésekor a mértékadó talajvízszintet kell figyelembe venni, ami 105,5 mBf a talajvizsgálati jelentés alapján. Továbbá "enyhén agresszív", ami miatt megfelelő korrózióvédelemmel kell ellátni a csatlakozó szerkezeteket. Javasolt betonminőség környezeti osztály szerint XA1-XC2-XV2(H) MSZ 4789-1:2004 alapján. Az alapozási szint alatt közepes teherbírású altalaj található, homok, és alatta agyag, látsd 18. ábra. A becsült átlagos talajvízszint 104 mBf, ezzel szemben a munkagödör fenékszintje 103,78 mBf, így a kivitelezéskor is számítani kell talajvíz jelenlétére. Vízáró munkagödör kialakítható az agyagrétegbe befogott jet-cölöpökkel, vagy résfallal. Jelen estében jet-elés történt. Víztelenítés történhet nyílt víztartással viszont a leszívás nem javasolt. A foghíjbeépítésből adódóan a környező épületekben esetleges süllyedésből kár ne keletkezzen. Mivel a műtárgyhoz érkező áramló talajvíz felduzzad, így az alaplemezbe víztelenítő zsompokat kell tervezni. A várható emelkedés nem olyan mértékű, hogy felúszást eredményezzen, így erre nem kell külön méretezni a lemezt.

Kitekintés: A kivitelezés folyamán, a munkagödör mélyítésénél sehol nem tört felszínre talajvíz, így szerencsés helyzetben haladhattak tovább a munkálatok, ami költségmegtakarítást is jelentett a kivitelező számára.

Érdemesnek tartom összehasonlítani és felülvizsgálni a talajvíz adatokat. Ezért is kell minden esetben új fúrásokat végezni, és az aktuális adatok alapján tervezni. Az archív adatok csak iránymutatók lehetnek, ha nincs más lehetőség, akkor a biztonság javára kell felvenni a mértékadó talajvízszintet.

8. Tervezés - Földhőszonda

Amikor megújuló energiaforrás kinyerését kívánjuk megtervezni, minden esetben el kell dönteni a tervezést megelőzően, hogy monovalens vagy bivalens rendszer kerüljön üzemeltetésre a későbbiekben. A monovalens rendszerek csak egy bizonyos külső hőfok tartományban képesek a kívánt hatásfokot hozni, illetve a csúcsterhelést nem képesek önállóan ellátni. Ezen tartomány alatt/felett a fogyasztó lényeges komfortérzet csökkenést tapasztal. Bivalens rendszerek előnye ezzel szemben, hogy a fogyasztó nem érzékel semmilyen komfortérzetbeni változást. Ezt két féle módon érhetjük el. A megújuló energiát hasznosító rendszer lekapcsol és helyébe lép egy kiegészítő gépészeti berendezés, vagy továbbra is üzemben marad a megújuló energián alapuló rendszer és időszakos rásegítést kap a kívánt teljesítmény elérése érdekében, amikor egy kritikus érték alá vagy felé esik az üzemi kapacitás⁴⁴[26]. Különböző éghajlati adottságoknál, különböző funkciók ellátásával a monovalens rendszer is ugyan úgy kielégítő lehet, például csekély éves hőmérsékletváltozásnál.

A sugárzó fűtőtestek alacsonyabb átlaghőmérsékleten működnek, mint a koncentráltabb hőleadásra képes radiátorok, így a helyesen megválasztott hőleadó is segíti a megfelelő rendszer választását. Bivalens rendszer gépészeti igénye utólag is beiktatható, ha szükségessé válna.

További tervezést befolyásoló tényező a fluidum anyagának kérdése. Figyelembe kell venni a választott polietilén cső korrózióvédelmét, valamint a hőszivattyú berendezés típusát. Érdemes előtte mindkét gyártóval egyeztetni.

⁴⁴ [26] http://www.geopower.info/index.html?link=h_uzem

8.1. Hő és teljesítmény igények meghatározása

30 kW feletti rendszerek tervezését a VDI 4640 német szabvány alapján nem biztonságos kézzel számolni. Erre a célra kifejlesztett szoftveres tervezést kell igénybe venni. Továbbá azt is megmondja a szabvány, hogy a helyszínen szondatesztet kell végezni, amiből a modell pontosabb adatokkal előállítható. Ez esetben nem történt előzetes helyszíni szondateszt, mivel a tervező cég birtokában volt egy 200 m távolságban lévő szondateszt eredménye. Biztonsággal vehetjük alapul az ebből kapott adatok, mivel földtani felépítésben nem várható jelentős eltérés.

Kapott tervezés adatok:

Az építmény összesen 1 db pincszintből, 7 db ráépülő emeletből áll.

Effektív hővezető képesség (λ): 2,22 W/mK

Kiindulási hőmérséklet: 14,50 °C

Tömedékelő anyag hővezetőképessége: 0,92 W/mK

	Fűtés	Hűtés
Január	0,155	0,000
Február	0,148	0,000
Március	0,125	0,000
Április	0,099	0,05
Május	0,064	0,10
Június	0,000	0,15
Július	0,000	0,25
Augusztus	0,000	0,25
Szeptember	0,061	0,15
Október	0,087	0,05
November	0,117	0,000
December	0,144	0,000
összesen:	1,000	1,000
Éves	224,0 MWh	54,84 MWh

6. táblázat Éves teljesítmény-igény eloszlása

	Fűtés	Hűtés
Éves energia igény($P \cdot t$)	224 MWh	54,84 MWh
Éves munkaóra(t)	1600 óra	600 óra
Munka (P)	140 kW	91,4 kW
Laskás szám:	75	
Fűtött/hűtött alapterület:	7000 m ²	
Hűtés:	passzív hűtés	
COP érték (feltételezett):	4,3	

A hűtési és fűtési igények eloszlását legalább havi bontásban a tervezőnek kell meghatározni. A felhasznált szoftver felajánl alapterheléskori fűtési értékelosztást, amit iránymutatóként használhatunk Magyarországon is. Felvett értékek a 6. táblázatban látható, passzív hűtéssel számolva.

8.2. Earth Energy Designer Software

8.2.1. EED Software belső modellezési felépítése, sajátosságai

Kontinensenként és országonként is más-más szoftverek terjedtek el, amik segítségünkre vannak vertikális földhőszondás rendszerek tervezésében. Ezek lehetnek analitikus és numerikus modellező szoftverek. Analitikus szoftverek például az Earth Energy Designer (EED), vagy Ground Loop Design (GLD). A leggyakrabban használt numerikus modellező szoftverek végeselemes elven működnek, ilyen például a Processing Modflow, Feflow, vagy a Comsol Multiphysics, ami már fizikai elven működik. Először dániai tanulmányai során találkoztam az EED-el, ezért ezen a szoftveren keresztül mutatom be a tervezett rendszert. A program svéd és német fejlesztők együttműködéséből látott napvilágot 1996-ban. A számítások az EED 3.21 verziójával készültek. A program felületének bemutatását mellékletben, képernyőfotókon keresztül szemléltetem.

Miért érdemes szoftverek segítségével tervezni? Mivel a számítási idő töredékére csökken. A kisebb változtatásokból származó eredmények szinte azonnal rendelkezésünkre állnak, így gyorsan megtalálható a legmegfelelőbb és leg-gazdaságosabb modell. Nem megfelelő beviteli adatokat elemezve a szoftver

hibaüzenettel jelez, amint valami kimagasló eltéréssel találkozunk, így biztosítva az elírásból származó hibák gyors kiküszöbölését a felhasználó számára. Az EED szoftver beépült modelleket használ, közel 800 szondaelhelyezési kiosztásból választhatunk. Hőszivattyús rendszer tervezésekor nem szabad úgynevezett ökölszabályokat követni, mivel könnyen felesleges túlméretezéshez vezethet, ami egyenesen ronthatja a hatásfokot. Az EED szoftvert folyamatosan fejlesztik, tapasztalati értékeken alapulva bővítik az adatbázisát. Megújuló energiáknál, kifejezetten geotermikus energia választásánál fontos, hogy annyi energiát és olyan módon vegyünk el, aminek az újratermelése nem jelent problémát a természet számára. Ha nem áll rendelkezésünkre pontos adat, mint például az adott terület alatti hőáram, geotermikus gradiens, a program lehetőséget biztosít a hely, térség kiválasztására, és egyéb paraméterek közelítő értékét is felajánlja. A pontos, megfelelő hatékonyságú, ám költségkímélő tervezéshez több szempontot kell figyelembe venni. A helyszín, földtani adottságok pontos megismerésére szolgál a próbafúrás. Ismerni kell a kiszolgáló építmény típusát, hogy pontosan meghatározható legyen hőigénye, mind hűtésre, fűtésre és használati melegvíz előállítására. Megválasztható, hogy a rendszer csak fűtést, aktív/passzív hűtést, a kettő kombinációját, illetve használati melegvíz igényeket lásson el. Az eredmények SI vagy angolszász mértékegységben is megkaphatók.

A felhasználói felülete 34 nyelven elérhető, többek között magyarul is. Személyes tapasztalatokból, érdemes az angol nyelvű verziót használni, mivel a magyar feliratok nem mindig olvashatóak végig (6-M Melléklet) vagy nem a megfelelő magyar kifejezést használják, ami félrevezető lehet. Bármelyik beviteli fázisban átállítható a nyelv, így ha kételyek merülnek fel a felhasználóban, bármikor megbizonyosodhat a helyességéről. Azonban vannak fülek, amik ugyan úgy angol nyelven maradnak a nyelv átállítását követően is :). A beviteli ablakok mérete nem állítható, pedig ez sokban segítené a vizuális élményen, valamint a torzítások elkerülhetők lennének, illetve ha a feliratok végig olvashatóvá válnának más nyelven is egyértelmű lenne, milyen adatot kér a program. Van még hova fejleszteni.

Mint minden szoftveres tervezésnél a beviteli adatokkal kell kezdeni, amik a fejlécen kiválaszthatók. Számomra meglepő módon, nincs "mentés", sem "tovább" gomb, csak

“bezárás” egy-egy ablak felületén. Ez ne tévesszen meg senkit, a bevitt adatok elmentődnek. Nyugodtan mehetünk a következő opcióra (7-M Melléklet).

Ha nem ismertek a pontos adatok, segítségünkre van a legtöbb beviteli panel utáni található “?” ikon. Erre kattintva felugró ablakon részletes adatokat találunk és kiválasztható az igénynek megfelelő típus a hozzá tartozó értékekkel. Minimum, maximum és ajánlott értéket is láthatunk, ezek iránymutatásként is használhatóak. A kiválasztott típus egyéni megfontolásból átírható a beviteli ablakban (8-M Melléklet). A beviteli adatoknál lehetőség van külön megadni az alapterhelés és csúcsterhelés értékeit (6-M, 8-M Mellékletek).

A program hangüzenettel is jelzi, ha nem megfelelő tartományba esik a bevitt érték, illetve nem enged továbblépni, amíg ki nem töltünk minden adatsort. Számítás lefuttatása előtt ellenőrzi a fluidum áramlását, és külön figyelmeztető ablak ugrik fel, ha nem megfelelő a Reynold’ s szám értéke, azaz az átfolyási sebesség (12-M Melléklet).

A számítás megkezdése előtt meg kell határozni, hogy hűtési vagy fűtési ciklussal kívánjuk kezdeni a szimulációt, azaz az üzembe helyezés kezdő hónapját.

A “Költségek” ablak opcionális, kitöltése választható (9-M Melléklet). Meglátásom szerint az itt kapott végeredményt csak iránymutatóként lehet figyelembe venni, mivel a tervező nem feltétlen ismeri a kivitelező/alvállalkozó árjegyzékét.

A “Megoldás” fülön belül további lehetőségeket találunk (10-M Melléklet). Felhívnam a figyelemet, ha a szonda optimális talpmélységét keressük, akkor azt a beviteli ablakban minimum értékre kell felvenni.

Végül az “Eredmény” fülben (11-M Melléklet) megtekinthető az adattábla, ami újra összegzi a beviteli adatokat és megmutatja a 25 éves ciklus csúcs- és alapterhelés átlagos értékeit. Jobb szemléltetés érdekében eredménygrafikonon is megkapjuk a fluidum és talaj hőmérséklet változásait, szintén 25 éves bontásban. A grafikon háttér, adatainak megjelenítése változtatható a felhasználó igényeinek megfelelően.

8.2.2. EED Software-es tervezés

Magyarországon a fűtési igényre méretezzük a rendszert, mivel annak van nagyobb mukaigénye. Ezt 2 db kompresszoros hőszivattyú hivatott működésben tartani esetünkben. A kalkulációt fűtési periódussal kezdjük. A használati melegvíz készítést nem veszem bele a tervezésbe.

Fűtött léghőbméter:	$2,7\text{m} \times 1000\text{ m}^2 \times 7\text{ em} = 18900\text{ m}^3$
Feltételezett COP értéke:	4,3
Talajadatok:	
Talaj effektív hővezetőképesség (λ_{eff}):	2,22 W/mK
Talaj hőkapacitása (C):	2,3 MJ/(m ³ K)
Geotermikus hőflux:	0,07 W/m ²
Kiindulási hőmérséklet:	14,50 °C
Tömedékelő anyag hővezetőképessége:	0,9 W/m*K
(feltételezett érték)	
Fúróluk ellenállása:	0,086 K(W/m)
Konfiguráció:	92 (L2 konfiguráció)
Furat adatai:	
Furatok száma:	24 db
Furat mélysége/db:	100 m
Összes talajszonda hosszúság:	2400 m
Szondatáv:	5,5 m
Furatátmérő:	127 mm
U-cső átmérő/db:	32 mm
U-cső vastagság:	3 mm
U-cső szártávolsága(távtartóval):	77 mm
U-cső hővezetőképessége:	0,42 W(m*K)
Töltés hővezetőképessége:	0,92 W(m*K)
Kontaktellenállás:	0,0 (m*K)/W

A hőközvetítő közeg választásakor körültekintően kell eljárni, mivel rossz tervezésnél a rendszer fagyása is bekövetkezhet. A rendszert -7 °C-ig fagyállóra kell tervezni, így ezt

figyelembe vége 25/75% arányban monoetilén glikol/víz elegye a választott hőszállító folyadék.

Fagyálló tulajdonságai:

Hővezetőképesség:	0,48 W/(m*K)
Fajhő:	3795 J/(kg*K)
Sűrűség:	1052 kg/m ³
Viszkozitás:	0,0052 kg/(m*s)
Fagyáspont:	-14 °C
Szondánkénti átfolyási mennyiség: 0,48 l/s	

Az monoetilén glikol/víz 25/75%-os elegye viszonylag konstans értékeket mutat 120°C-os hőmérsékletváltozás esetén is, hővezetési tényező és fajhő esetében. Ahogy nő a glikol koncentrációja, és csökken a hőmérséklet, úgy csökken a hővezetési tényező és fajhő is. Sűrűsége és viszkozitása viszont csökken a koncentráció és hőmérséklet növekedésével. A nem megfelelően megválasztott hőszállító folyadék növeli a csőhálózat ellenállását, csökken a fluidum hőszállító képessége és romlik a csőfal és fluidum közötti hőátadás is.⁴⁵[27]

Alapterhelést tekintve:

Éves HMV terhelés:	0,00 MWh
Éves fűtési terhelés:	224,00 MWh
Éves hűtési terhelés:	54,84 MWh
SPF:	1,0
COP (fűtés):	4,3
COP (hűtés):	99999

Passzív hűtés esetén a COP "9999" értéket kell megadni, hogy megfelelően számoljon a szoftver.

A szoftver által választható "L2" elrendezés közelíti meg a leginkább a felvehető valós elrendezést. A VDI 4640 német szabvány 6 m-es raszterkiosztást javasol, viszont kutatások kimutatták, ha hűtésre is használatos a rendszer, akkor 5,5 m raszterávolsággal is kielégítő eredményeket kapunk. A talajszondák nincsenek negatív hatással egymásra. Ezen megfontolásból 5,5 m a választott szondatávolság.

⁴⁵[27] Magyar Installateur 2002/11. 22. oldal http://www.multical.hu/Egy_kis_fagyallotan.pdf

8.2.3. Eredmény és kiértékelés

Az analitikus szoftverek egyik előnye a numerikusokkal szemben, hogy jóval kevesebb adatbevitel szükséges, így a beviteli hibák lehetősége is csökken.

A szimuláció eredménye 24 db 100 m-es 127 mm átmérőjű szonda "dupla U-cső" kiosztással, amik elrendezése szabványos, és beépítéskor távtartóval biztosított.

A szimuláció eredményeképp a 25 éves ciklust tekintve a választott glikol oldat alapterhelés kori középhőmérséklete $+3,4^{\circ}\text{C}$ alá nem esik, illetve legmagasabb középhőmérséklete $+11,95^{\circ}\text{C}$. 50 év távlatában átlagosan 5°C hőmérsékletesést mutat mindkét érték. Ezen értékek azt mutatják, hogy a tervezett 25 év után is biztonságosan használható a rendszer és kielégítő értékek várhatók a felhasználói igények számára.

Téli fűtési üzemben csúcsterhelésekor a legalacsonyabb folyadék hőmérséklet $-2,61^{\circ}\text{C}$ alatt nem várható és legmagasabb középhőmérséklete sem megy $+11,95^{\circ}\text{C}$ alá. Igaz 50 év elteltével sem éri el a legalacsonyabb középhőmérséklet a -7°C -ot, viszont a fluidum legmagasabb középhőmérséklete már csak $+6^{\circ}\text{C}$ körüli. Következtetés, hogy a -7°C -os maximum negatív határértéket tartja a rendszer 50 év távlatában is, a fűtési igények kielégítésére viszont valamivel több rásegítésre lesz szükség a tervezési idő után.

Nyári hűtési üzemben a 25. év végére a várható legmagasabb szonda felől érkező folyadék középhőmérséklet $+17,77^{\circ}\text{C}$ és a legalacsonyabb középhőmérséklet $+3,4^{\circ}\text{C}$ alá várhatóan nem esik. Ezek az értékek $4-7^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet esést mutatnak 50 év távlatában. Várhatóan a rendszer képes biztosítani a passzív hűtési igényeket rásegítés nélkül akár 50 év elteltével is.

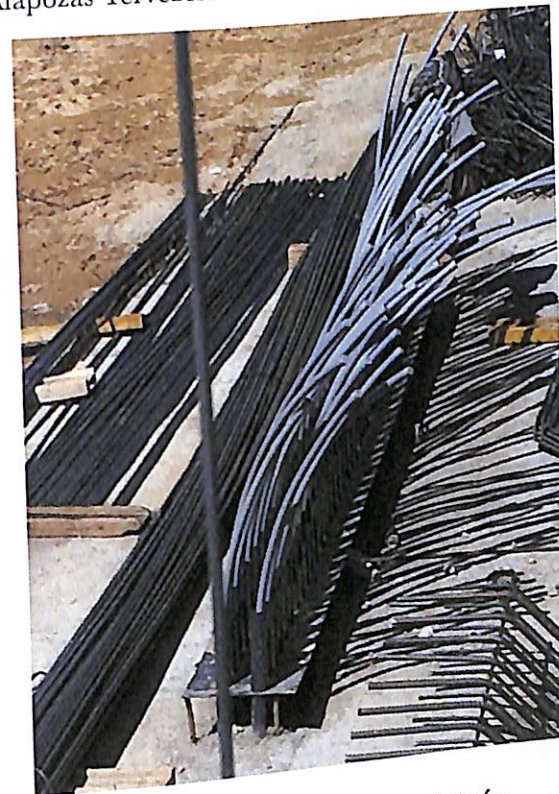
Összességében a rendszer kielégítő eredményeket produkál a 25. év végén is, azaz a tervezési periódus legvégéig, viszont a szimuláció látványos értékcsökkenéseket mutat 50 éves távlatban. Igaz az értékek még mindig kielégítőek, érdemes megfontolni a bivalens rendszer kiépítését, és csúcsideőben azzal segíteni a termelést a felhasználók komfortérzetének megtartása, és a rendszer hosszú távú gazdaságos és környezetkímélő üzemeltetése érdekében. 50 év előrehaladtán az éghajlati változásokkal is lehet számolni, és egyre nagyobb hangsúlyt kell idővel fektetni a hűtésre. Javaslom a rendszert 10 évente felülvizsgálni az aktuálisan mért adatokkal. Geotermikus rendszereknél, míg fűtésre hőt vonunk el, hűtésre visszaadjuk azt. Lassan közelít egymáshoz a hűtési és

fűtési hónapok száma Magyarországon egy évet tekintve. Idővel talán kisebb kilengést tapasztalunk a frissebb mérési adatokra alapozott szimulációs eredményekben.

8.3. Szonda csatlakozása az épületbe

Családi házak épületcsatlakozásnál elégséges figyelembe venni a fagyhatárt és a talajvíz szintjét. Megfelelő szigeteléssel kell az épületbe csatlakoztatni, illetve a lehető legkevesebb hőveszteség érdekében hőszigetelővel ellátva homokos földárókban vezetni a furattól az épületig a földhőszonda vezetékeit.

Esetünkben 24 szonda vezetéket az alapozási sík alatt vízszintesen kell elvezetni, 50 cm-es homokágyba fektetve. Ezek egy gyűjtőpontban csatlakoznak be az épület pinceszintjén a gépházba. Ez kielégíti a fagyhatár követelményét is, mivel az alapozási sík -3,30 m-en van. Külön víz és hőszigetelésre nincs szükség. A homokágy meggátolja az épület terhéből, esetleges süllyedéséből bekövetkező károkat is, mivel nem közvetlenül alatta kerültek elvezetésre a vezetékek, valamint a vezetékek hőmérséklet változása sincs negatív hatással az alaplemezre az ágyazási mélységnek köszönhetően. Az 20. ábrán látható hogyan csatlakoznak az alaplemezbe a földhőszonda le és felmenő vezetékei. A hőtágulásnak és külső hatásokból következő mozgásoknak eleget engedve béléscsővel kell védeni őket a becsatlakozásnál. A képen látható acéllemez az alaplemez középső síkjában helyezkedik el annak kibetonozása után.



21. ábra Pinceszint bekötés
(Szerző 2016)

9. Cölöpalap, választott típus rövid bemutatása

A lakópark helyenként kivastagított lemezalappal készült el. Dolgozatomban ezeket a kivastagításokat váltom ki CFA cölöpcsoportokkal. Költséghatékonysági szempontból került elvetésre ez a típus a tervezési szakaszba. A tervezéshez szükséges adatokat a talajvizsgálati jelentésből, valamint kapott adatszolgáltatásból, illetve AXIS-ből kinyert terhelési értékeket vettem alapul. A környezeti adottságok függvényében esett a választás a talajhelyettesítéses CFA típusra. Vert, azaz talajkiszorításos rendszerek a városi, foghíj beépítés miatt kerülendők, mind zaj mind rezgés tekintetében. Fúrt cölöpöknél a beomlás veszélye áll fenn. CFA típus kivitelezési folyamata ezzel szemben sokkal biztonságosabb. A folyamat röviden bemutatva, lefűrünk a kívánt talpmélységig, majd a fúrószál együttes kiemelésével történik a talajkiemelés is. E-közben megkezdődik a cölöp készítése, azaz letről felfelé haladva a kibetonozás. Végül az armatúra bevibrálása. Cölöpalap választásakor ismerni kell néhány alap információt, mint a talaj típusát, rétegződését, lehetnek-e épületmaradványok, van-e agresszív talajvíz, kivitelezés lehetséges-e, ha vannak-e környezeti korlátok, mint például légvezetékek.

10. Tervezés - Fejtömb és Cölöpcsoportok

Két cölöpcsoport került meghatározásra a kapott Axis adataira alapozva⁴⁶[35]. Alapadatként a fejtömb C30/37 betonminőségnek lett felvéve 800 mm vastagsággal. A két fejtömb számításainak összesítő eredménytáblázatában főbb értékeik láthatók.

	I. Fejtömb	II. Fejtömb
darabszám	3	12
magasság (m)	0,8	0,8
BxL (m)	4,54x5,20	3,40x3,40
fejtömb alatti cölöpcsoport (cölöp db)	6	4
mértékadó terhelés -exportált adat, axis- (kN)	7039	5476
talajtörési ellenállás tervezési értéke (kN/m ²)	3516,89	4090,85
süllyedés határmélységig (mm)	6,58	7,4

7. táblázat Fejtömbök értéktáblázata

A fejtömböket lemezeknek feltételezve készült a vasalás tervezése C30/37-XA1-XC2-XV2(H)-24-F4, valamint B500 acélminőséggel. Számítási mellékletben megtekinthető részletesen (17-M Melléklet). Bevasalhatóság ellenőrzése után, a minimum vasmennyiség $\Phi 16/200$, ami 1005 mm^2 . Az alsó és felső vasalás meghatározása a készített Axis modell (20-M Melléklet) lefedésével történt X és Y irányú igénybevételek figyelembevételével, a hozzájuk tartozó lehorgonyzási hosszokkal (25-M Melléklet). Felső vasalásnak mindkét fejtömbben elegendő a minimális vasmennyiség. Alsó vasalásnál felhasznált átmérők $\Phi 16$, $\Phi 32$ és $\Phi 40$. Nyírás ellenőrzésénél mind két fejtömbben megfelel a beton, így nincs szükség külön nyírási vasalásra (18-M Melléklet). A fejtömbök süllyedése Excel táblázat segítségével került meghatározásra (23-M Melléklet). Ennek eredménye a fentebbi táblázatban látható, 6-8 mm közötti. 2 CPT szonda adatai segítettek az egyedi cölöpök teherbírásának meghatározását (22-M Melléklet), majd a cölöpcsoportok tervezését szintén Excelben számolva. Az Axis mértékadó terheit (20-M Melléklet) figyelembe véve végül az I. Fejtömb alatt 700mm

⁴⁶[35] Richter Mérnöki Iroda Kft. adatszolgáltatása

11. Földhőszondák kivitelezése

11.1. Gépigény és terület előkészítése

A fúráshoz általánosan véve külön területelőkészítő földmunka nem szükséges. A gépigény időben a fúrásig kerül levezetésre. Az újépítésű lakópark egy pincegarázs szinttel rendelkezik.

A tereprendezéshez szükséges földgyalu, vagy dózer, javasolt láncalpas kotró, ami a felső 30 cm termőtalajt eltávolítja. Továbbá homlokrakodó vagy kotró rakodó és szállító jármű. A maradó föld eltávolítására is szükség van kotró és szállító járműre. A tervezési adatokból terepszint alatt 4,5 m-ig kell az altalajt eltávolítani lehetőleg maximum 5%-os lejtéssel a fúrási területen. A fúrási terület minimális helyigénye fúratonként 10 x 4 m, minimum 3 m széles felvonulási útvonal legyen biztosítva, nehéz időjárás esetén maximum 18%-os lejtéssel. Szükséges lehet magasfalú iszapteknő, ami minimum 5-7 m³ űrtartalommal rendelkezik. A fúróberendezés telepítésekor elektromos vezetékől védőtávolságot kell tartani, ami a fúróberendezés torony-magasságának minimum másfélszerese legyen. A szondafuratok kivitelezését bányahatósági engedéllyel rendelkező fúróberendezéssel kell végezni, amit szakirányú képesítéssel rendelkező fúrómester irányít. Javasolt fúrógép típus Böhler TC 111 pneumatikus mélyfúró, de egyéb hidraulikus fúrógép is alkalmazható. Az altalaj további tömörítést nem igényel a földhőszondák tekintetében.

11.2. Fúrás és szondatelepítés

A furatok kivitelezésénél az MSZ 22116:2002 szabvány és a helyi hatóságok előírásait kell követni. Csakis a létesítési engedély birtokában lehet megkezdeni a telepítést. A fúrás történhet két technológiai módszerrel, víz- és légöblítéses módszerrel. A vízöblítéses technológia lényege, hogy a fúrószárban fúrófolyadékot áramoltatunk, ami a fúrt anyagot, azaz fúróiszapot a felszínre mossa. A fúróiszap tárolására konténer vagy iszapgödör használható az elszállításig. A fúrás során használt fúróiszap természetes iszap. Iszapjavító anyagként használható bentonit örlemény, vagy speciális keverék például kompaktonit, mely a furatfal stabilitását is növeli. A fúróiszap nem minősül veszélyes hulladéknak, csak ha veszélyes anyagokat hoz a felszínre. A folyamatot

szivattyú keringeti, ellenőrzött áramellátását biztosítani kell. Ez a módszer lazább talajokban alkalmazható, ellenben a légöblítéses technológiával, amit kalapácsos technológiának is neveznek és köves, sziklás területeken alkalmaznak. Ilyenkor a fúrószár belsejében kompresszor segítségével légnyomás hozza a kifúrt anyagot a felszínre. A rétegek bontását ütvefúrással végzik⁴⁷[17].

Bármennyire is körültekintően járunk el a telepítés folyamán, havária események, mint például artézi víz felszínre törése, robbanás megtörténhetnek. Ilyen esetben a helyi hatóságokon kívül a bányakapitányságot is értesíteni kell.

A furat elkészülte után következik a szondatelepítés. A csősajtolás és tömedékelést azonnal meg kell kezdeni. A tömedékelő anyag összetételénél figyelni kell a talajadottságokra. A szondavezeték a zagytöltő vezetékkel együtt kell leengedni a fúrólyuk talpáig, majd folyamatos visszahúzás mellett tölteni a talpától a felszínig, meghatározott és ellenőrzött sebességgel, hogy zárványok és omlások ne keletkezessenek. A csővezeték vízzel feltöltve kell leengedni. A zagy összetétele bentonit, homok, cement és víz keveréke előre meghatározott mennyiségben. Feltöltés folyamán figyelni kell a nyomásváltozásra. Könnyen észrevehető, ha elfolyás, vagy beomlás történik, mivel változik az előre meghatározott mennyiségi igény. 127 mm átmérőjű és 100 m mélységű földhőszonda körülbelüli tömedékelőanyag igénye szondánként 2 m³. A tömedékelést befejezve 2 órával ellenőrizni kell a szondát, és ha szükséges, rátölteni. A tömedékelés befejeztével a csőszárnak ki kell állni a földből közel fél méter hosszan és gondosan dugózni kell az elszennyezés, eldugulás elkerülése érdekében, amíg további építési munkálatok folynak.

11.3.Szondateszt

Próbafúrást javasolt végezni minden tervezés előtt, hogy megkapjuk a közelítő hővezetőképesség értékét, és további talajfizikai tulajdonságokat. Ezt másnéven Thermal Response Test-nek is (TRT) nevezzük. A teszt vízzel feltöltött állapotban történik, 48-72 óra időtartamot vesz igénybe. Kis rendszerek építésénél, családi házaknál, ahol egyébként is csak egy vagy kevés számú szonda kerülne a talajba, nem gazdaságos, így gyakran a "próbafúrás" egyben a használati földhőszonda is.

⁴⁷[17] <https://geoconcept.hu/geotermia/>

Szoftver segítségével több száz már meglévő modellből választhatunk, ami tapasztalati értékeken alapul, így viszonylag nagy pontossággal megtervezhető egy rendszer, ha ismert a helyszín, és közelítő talajadottságok. Nagy rendszereknél viszont mindenképp javasolt elvégezni a próbafúrást, ha nincs környező adatunk⁴⁸[14].

A szondateszt egyben nyomáspróba teszt és hőegyensúlymérés a kútfejen, amit minden esetben el kell végezni, és jegyzőkönyvet kell készíteni róla, mielőtt a hőközvetítő anyaggal feltöltésre kerülne a földhőszonda. Ennek a jegyzőkönyvnek a megléte elengedhetetlen a használatbavételi engedélyhez. A szondán még vízzel feltöltött állapotban átfolyási tesztet is végezni kell, illetve szabványos nyomáspróbát.

12. Konklúzió, javaslatok

12.1. Fűtési / hűtési technológia

A rendszer tervezésekor el kell dönteni a szekunder kör típusát, talaj-víz vagy talaj-levegő rendszert részesítünk előnyben. Talaj-levegő rendszerek irodaházakban, hotelekben a legelterjedtebbek, de egyre gyakoribb modern családi házak tervezésénél is. Jelen esetben talaj-víz rendszer kerül tervezésre, ami felületfűtéssel szolgálja ki a lakásokat. Sajátossága, hogy számolni kell a párakicsapódás veszélyével hűtési periódusban. Ez könnyen orvosolható, de elhanyagolása jelentős károkat okozhat, például szerkezeti károkat, penészesedést. A kondenzátum képződést a hűtési oldalon beépített harmatpont szabályozóval lehet megakadályozni.

Passzív hűtést jelent, amikor a hőszivattyút csak a fluidum keringtetésére használjuk, nincs rásegítés, így a fluidum a kinyert hőmérsékletet egy az egyben átadja a fűtési csőben keringő víznek, ami harmatpont alatti is lehet(ne). Ennek elkerülése érdekében a fűtési csövek elé keverőszelepet kell beépíteni. A visszatérő felmelegedett víz - ami 22-24°C-ot is elérheti - egy része bekeveredik az előre menő hideg vízbe - ami 12°C körüli - ezzel megelőzve a párakicsapódás veszélyét, végül egy 17-18°C-os víz kerül a felületfűtés csővezetékeibe⁴⁹[13].

⁴⁸[14] Geotermikus Szondateszt
⁴⁹[13]

Hőszivattyú - passzív hűtés (2014) <http://spark.reblog.hu/hoszivattyu-passziv-hutes/>

Egyéni véleményem, hogy a világon mindenhol meglehet találni a helyi lehetőségeknek megfelelő megújuló energiaforrást. Szeles éghajlaton szélturbinát, tenger közelében vízturbinát, napos éghajlaton napkollektort, nappanelt, és ahol a geotermikus energia ad lehetőséget, azoknak is széles körű változatai állnak rendelkezésre a helyi adottságoknak megfelelően. Ez lehet akár nyitott vagy zárt rendszer, kollektoros, vagy szondás kivitelű. Megeshet, hogy nincs lehetőség természeti erőforrás felhasználására, olyankor a biomasszát még mindig hasznosíthatjuk megújuló energiaforrásként.

12.2. Megtérülés, előnyök, hátrányok

Ma már egyre többen felismerik a megújuló energiák felhasználásának jelentőségét, mások anyagi megfontolásból, de vannak akik divatból használnak ilyen rendszereket. A választás különböző szempontokból történhet, viszont a cél egy irányba vezet. Hazánkban is fejlődő tendenciát mutat, több mint 2000 geotermikus rendszer van regisztrálva egy 2016-os felmérés alapján.

A befektetési költségek nagyban függenek a furat mélységétől, szondák számától, a választott hőszivattyútól - aminek meg kell felelnie az MSZ EN 60335-2-40:2003 szabványnak, továbbá rendelkeznie kell CE-jelzéssel, valamint névleges COP értékének igazoltan el kell érnie a 4,0-et⁵⁰[7] - és további költséget képez a földhőszondák fluiduma.

Kijelenthetjük, hogy a befektetett tőke milliós nagyságrendű, egy családi ház esetén is, de a megtérülés mindennemű támogatás nélkül is 10-12 évre becsülhető hazai viszonylatban, ha csak a földhőszonda megépítésének és gépигényének költségét vesszük alapul. A tervezett üzemidő, azaz 25 év mellett is kijelenthető, hogy megéri, de 25 évnél csak hosszabb, akár 50 évig is üzemeltethető egy gondosan megtervezett, kivitelezett és havária eseményektől mentes rendszer. Karbantartási költsége nem várható⁵¹[1].

Összetett számításokat igényel a megtérülés valós idejének meghatározása. Vannak országok ahol az áramdíj kiugróan magas, így ilyen területeken lehet, hogy

⁵⁰[7] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010). Magyarország megújuló energia hasznosítási és cselekvési terve 2010-2020

⁵¹[1] Kolmós, F. & Fodor, Z. & Kapros, Z. & Dr. Vajda, J. & Vaszil, L. (2009). Hőszivattyós rendszerek Heller László születésének centenáriuma; © Copyright Komlós Ferenc

érdemesebb más megújuló energiaforrást választani, ami közvetlenül áramot termel, és azt hasznosítani egyéb szekunder körök ellátására.

Hazákban mindenki által érzékelhető a klímaváltozás, a nyári hűtés kérdése egyre égetőbb szükség. Mind több lakó és közösségi épületet szerelnek fel klímaberendezéssel a korszerűsítés fényében. A földhőszondás rendszerek ezt az igényt is képesek kielégíteni, nincs szükség egyéb gépészeti berendezésre ezzel is csökkentve a megtérülési időt. Mivel passzív hűtés esetén csak a hőszivattyú minimális keringtetési áramigényét kell kielégíteni, mondhatni nem kerül plusz költségbe a hűtési rendszer.

Földhőszondás rendszer tervezése és kivitelezése mindenképp egyszerűbb egy újonnan épülő ház estén, mint meglévő építmény utólagos átalakításakor. A rendszer sajátosságai miatt, gyakran fűtőtest cserét igényel az építmény egész területén, mivel az optimális hatásfokot radiátoros fűtésnél nem érhet el, csak nagy felületű hűtő-fűtő testek esetében, mint például fal-, mennyezet-, padlófűtési rendszerek. A legkorszerűbbnek tekinthető a mennyezetfűtés. Nincs felkavart por, nem rontja a hatásfokát a falra tolt szekrény, nem lehet elfűrni egy képfeltétellel a csövét, és hideg érzetet sem ad nyáron a talpunk alatt hűtési fázisban. Meglévő építményt gyakran nyílászáró cserével, korszerű hőszigetelés ellátásával kell kezdeni, majd ezek után jöhet a fűtőtestek cseréje és a földhőszonda telepítése. Ezek a többletköltségek jóval hosszabb megtérülési időt generálnak. Viszont előnyt jelet meglévő épületnél, hogy vannak előzetes pontos tapasztalati értékek a fűtési, hűtési és használati melegvíz igények tekintetében, ezzel segítve a még pontosabb tervezést.

Akár új, akár meglévő épület számára tervezünk megújuló energiaforráson alapuló rendszert, minden épületkorszerűsítés, ami növeli a hatásfokot, az ezzel arányosan csökkenti a megtérülési idő is. Érdemes egészében megvizsgálni a lehetőségeket, mivel a bekerülési költségek nem elhanyagolhatók.

Fontosnak tartom emellett megemlíteni az árnyékolástechnika jelentőségét is, amire napjainkban már egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek tervezéskor. Ugyan akkor egy jól megválasztott és kivitelezett hőszigetelési rendszer a nyár melegét is tovább távol tartja nem csak a téli fűtési igényt befolyásolja kedvezően.

Energetikai szempontból további előnyt jelent megújuló energiák választása, mivel nem becsülhető a várható kimerülés ideje, ellenben a szén, aminek 2140-ben, a földgáz, ami 2068-ban, az urán 2144-ben, kőolaj és származékai 2047-ben várható becsült kimerülési ideje⁵²[10]. Jogosan merül fel a kérdés, hogy valamennyi megújuló energia kinyeréséhez, úgy a földhőszondához is plusz befektetett energiára van szükség. Azonban ha a még meglévő fentebb említett energiahordozók nagy részét a megújuló energiák szolgálatába helyeznénk, így azok kimerülési idejét jóval el lehetne tolni, bízva a technológiai fejlődésben, egészen addig, amikor már teljesen elhanyagolhatóvá válhatnak a rendszer üzemeltetése szempontjából.

Földhőszondák előnyeként szokás emlegetni, hogy semmilyen CO² kibocsátással nem rendelkezik. Ezzel az állítással csak részben tudok egyet érteni. Mivel valamennyi rendszer nem önfenntartó, szüksége van plusz áramellátásra - hőszivattyú számára - és ez az áram már nem biztos, hogy megújuló energiából előállított. A megújuló energiát termelő gépészeti berendezések gyártásakor is - például nappanelek előállításakor - történik CO₂ kibocsátás. Érdemes óvatosan használni a fent említett kijelentést. Dolgozatom végére felismertem mennyire körültekintőnek kell lenni mikor valaki állást foglal a megújuló energiák mellett.

Kutatásom alatt felfedeztem, hogy már tömedékelőanyag nélkül is kivitelezhető zárt rendszerű földhőszonda telepítése. Rengeteg potenciált látok benne, viszont építőmérnöki szemléletmóddal az energia cölöpök mint teherhordó szerkezetek fejlődését is érdeklődéssel várom.

⁵²[10] Horváth Sz. (2009). A villamos-energia ipar jelene és jövője az egyes energiahordozók tükrében; Horváth Szilvia előadása Energy Summit Hungary 2009.10.08.

Szeretném megköszönni mindenk előtt Kecskés Gábor Tanár Úrnak a közel egy
évtizedes rendületlen biztatását és szellemi támogatását, valamint
a Geort Kft. geológusának, azóta egyéni vállalkozónak, Tóth Lászlónak a szoftveres
támogatását és végül a kivitelező cég Tega-Bau Kft. ügyvezetőjének, Terjék Józsefnek
segítőkész munkáját.

2018/2019.

Budapest



13. Irodalmi jegyzék, hivatkozások

- [1] Kolmós, F. & Fodor, Z. & Kapros, Z. & Dr. Vajda, J. & Vaszil, L. (2009). Hőszivattyós rendszerek Heller László születésének centenáriuma; © Copyright Komlós Ferenc
- [2] ÉGH (2010). Magyarország kistájainak katasztere, MTA Földrajztudományi Kutatóintézete, Budapest
- [3] Méhes, Sz. (2011). Kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása épületgépész feladatokra
<https://repozitorium.omikk.bme.hu/handle/10890/1153?show=full>
- [4] Gööz, L. (2003). The Natural Resources of Hungary, Bessenyei Publisher Ltd.
- [5] Benjamin M. (2016). Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report
<http://geo-energy.org/reports/2016/2016%20Annual%20US%20Global%20Geothermal%20Power%20Production.pdf>
- [6] REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21th Century
<http://www.ren21.net>
- [7] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010). Magyarország megújuló energia hasznosítási és cselekvési terve 2010-2020
http://2010-2014.kormany.hu/download/2/b9/30000/Meg%C3%BAjul%C3%B3%20Energia_Magyarorsz%C3%A1g%20Meg%C3%BAjul%C3%B3%20Energia%20Hasznos%C3%ADt%C3%A1si%20Cselekv%C3%A9si%20terve%202010_2020%20kiadv%C3%A1ny.pdf
- [8] Enx & Geysir Green Energy (2008). Geothermal Utilization in Europe
https://www.atvinnuvegaduneyti.is/media/frettir/080119_Geothermal_Europe_memo_for_Ossur.pdf
- [9] Rybach, L. (2015). A geotermikus energia globális helyzete és kilátásai. Természet Világa Természettudományi Közlöny, 2015/3
http://epa.oszk.hu/02900/02926/00027/pdf/EPA02926_termeszeti_vilaga_2015_03.pdf
- [10] Horváth Sz. (2009). A villamos-energia ipar jelene és jövője az egyes energiahordozók tükrében; Horváth Szilvia előadása Energy Summit Hungary 2009.10.08.
<http://slideplayer.hu/slide/2045849/>
- [11] Tóth, L., Zsíros, T., Mónus P., Kiszely M. (2002). A Pannon-medence szeizmicitása. Földtani Közlöny 132/különszám, 327-337 (2002) Budapest

- http://epa.oszk.hu/01600/01635/00302/pdf/EPA01635_foldtani_kozlony_2002_132_ksz_327-337.pdf
- [12] 6. fejezet - A geotermikus energia, ELTE
<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/MegujuloEnergiaforrasok/ch06.html>
- [13] Hőszivattyú - passzív hűtés (2014)
<http://spark.reblog.hu/hoszivattyu-passziv-hutes/>
- [14] Geotermikus Szondateszt
<http://www.hgd.hu/hu/geotermikus-szondateszt>
- [15] <http://www.bacskiskun.hu/uploads/files/klima/tudastar/22-tudastar.pdf>
- [16] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Budapest#.C3.89ghajlat>
- [17] <https://geoconcept.hu/geotermia/>
- [18] https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0021_Megujulo_energia/ch04s02.html
- [19] <http://www.hgd.hu/hu/foldhoszonda-furas>
- [20] Nagy Budapest Fedetlen Vízföldtani Térképe 1:100000 (1958), Magyarország Vízföldtani Atlasza, Magyar Állam Földtani Intézet
- [21] GEORT Kft. (2015.10.28.). Engedélyezési és Létesítési Műszaki tervdokumentáció, Budapest
- [22] Dr. Dulácska E. & Dr. Kollár L., Méretezés Földrengése az Európai Elvek Figyelembevételével
<http://volgyesi.hotserver.hu/mszeizmo/dulacska.pdf>
- [23] Lamináris-turbulens átmenet
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0059_SCORM_MFKGT5051/sco_02_01.scorm
- [24] Tóth, A. & Bobok, E. (2016) Flow and Heat Transfer of Geothermal Systems. Elsevier
- [25] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Carnot-ciklus>
- [26] https://www.geopower.info/index.html?link=h_uzem
- [27] Magyar Installateur 2002/11. 22. oldal
http://www.multical.hu/Egy_kis_fagyallotan.pdf
- [28] https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0059_SCORM_MFGFT5054/sco_02_02.scorm

- [29] https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Energiaellatas_alternativ_energiaforrasok_hasznositasa/ch06s02.html
- [30] <https://www.rifeng-hoszivattyu.hu/kompresszor>
- [31] Magyar Épületgépészet, LXI. évfolyam, 2012/7-8. szám 18. oldal http://real.mtak.hu/25867/1/2012_07_08_KomlosF_u.pdf
- [32] Részletes Talajmechanikai Szakvélemény FTV Zrt. Tsz: 2008/252-22
- [33] <http://www.pipelife.hu/media/hu/Katalogusok/Geolife-Italnos-ismertet.pdf>
- [34] Hellström G. (1991). Ground Heat Storage. Dept. of Mathematical Physics, Lund Institute of Technology Sweden
- [34] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Reynolds-szám>
- [35] Richter Mérnöki Iroda Kft. adatszolgáltatása

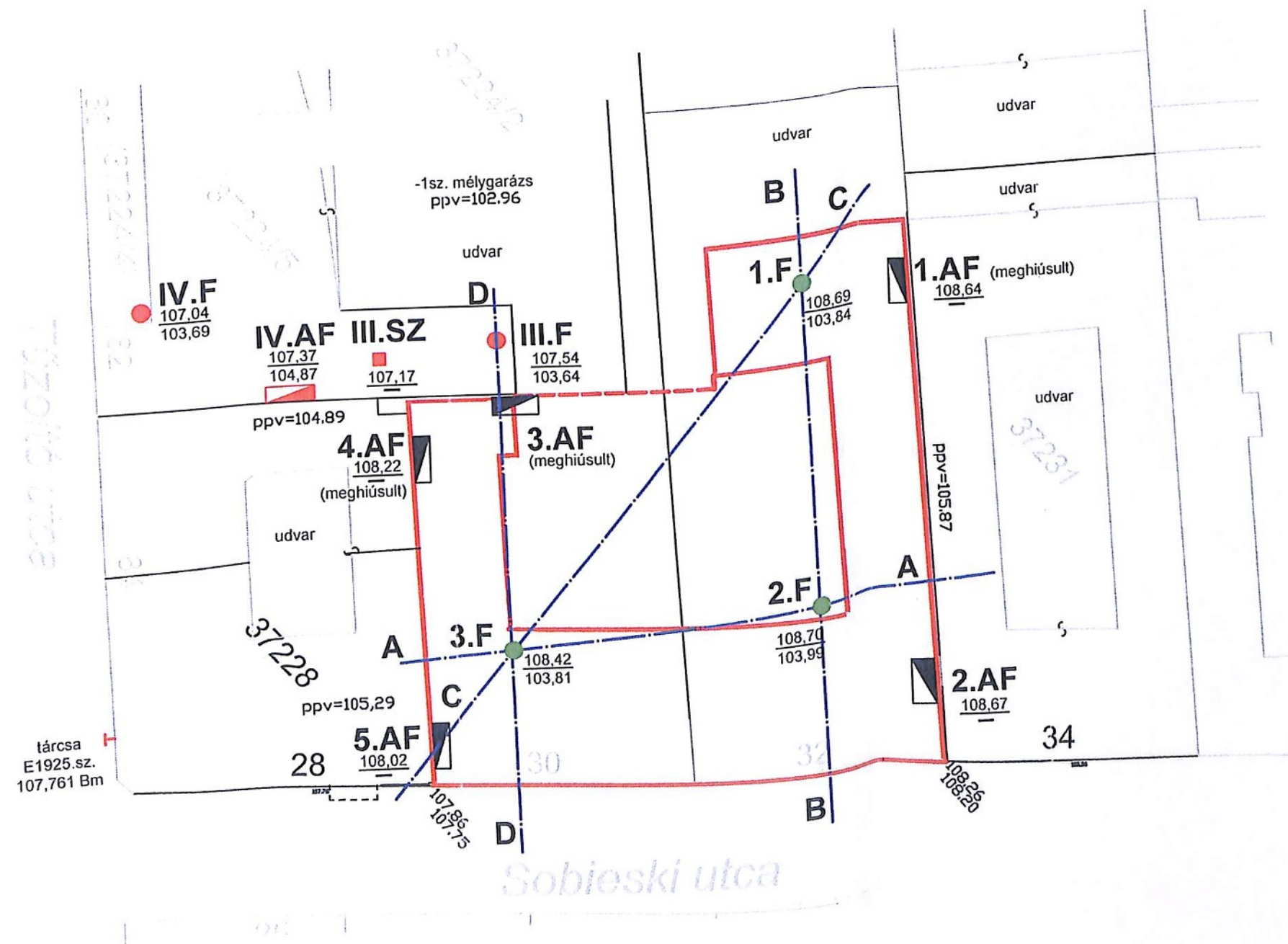
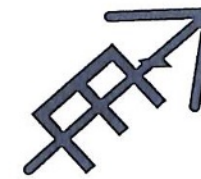
14. Ábrajegyzék

1. ábra Magyarország földi hőáram térképe mW/m^2	10
2. ábra A Föld belső szerkezete és hőmérséklete (Mádlné Szőnyi, 2006)	11
3. ábra Talajhőmérséklet változás mélység függvényében (Erdélyi, 2013)	11
4. ábra Különböző típusú földszondák keresztmetszete.	14
5. ábra Távtartó	15
6. ábra Szondasúly	15
7. ábra Földhő szonda optimális termikus ellenállása a talaj felé (T-hőmérséklet, R-ellenállás, D-távolság)	16
8. ábra Ledugózott csővezetékvég	16
9. ábra Fúrás	17
10. ábra Háromállású szelepek átváltásával állítható aktív-hűtési vagy fűtési üzem	18
11. ábra Carton-körfolyamat Nyomás(P) - Térfogat(V) síkon	18
12. ábra Spirálkompresszor (Scroll-kompresszor)	19
13. ábra A talajszondás hőszivattyú rendszertani vázlatos felépítése	20
14. ábra Hőszivattyú termikus folyamatainak elméleti ábrája szemléltető hőmérsékleti értékekkel	24
15/a. ábra Lokális földtani kormeghatározás I-II. pontok között	25
15/b. ábra Lokális földtani kormeghatározás I-II. pontoknál	27
16. ábra Lamináris-turbulens átmenet	29
17. ábra Helymeghatározás, 1096 Budapest IX. kerület Sobieski János utca 32. HRSZ.: 37229/6	30
18. ábra Sobieski János utca 34. alapfeltárás	31
19. ábra Rétegszelvény	32
20. ábra Sobieski János utca 34. alapmegegerősítése, egymásba metsző jet-cölöpök	42
21. ábra Pinceszint bekötés	

15. Tábla és diagram jegyzék	7
1. táblázat Globális végső energiafogyasztás	
2. táblázat A megújuló energiaforrásokból előállított energiával kapcsolatos 2020-as nemzeti célkitűzés és tervezett ütemterv a fűtési és hűtési, villamos energia és a közlekedés vonatkozásában	8
3. táblázat A villamos energia és hűtés - fűtés szektorokban felhasznált megújuló energiahordozók megoszlása Magyarországon	9 12
4. táblázat Fajlagos hőteljesítmény száraz és nedves talajokban	28
5. táblázat Földhőszondák fajlagos hőelvonási teljesítménye	34
6. táblázat Éves teljesítmény igény eloszlása	43
7. táblázat Fejtömbök érték táblázata	44
8. táblázat Cölöpcsoportok érték táblázata	
1. diagram A villamos energia és hűtés - fűtés szektorokban felhasznált megújuló energiahordozók megoszlása Magyarországon	8

Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

16. Mellékletek



Helyszínrajz

M=1:500

Jelmagyarázat

- archív fúrás (Petik és Társai Kft., 2003)
- új nagy átmérőjű fúrás
- archív dinamikus szondázás
- rétegszelvény vonala
- tervezett létesítmény kontúrvonala
- tervezett létesítmény mélygarázsának kontúrvonala
- archív alapfeltárás
- új alapfeltárás
- terepszint
- talajvízszint

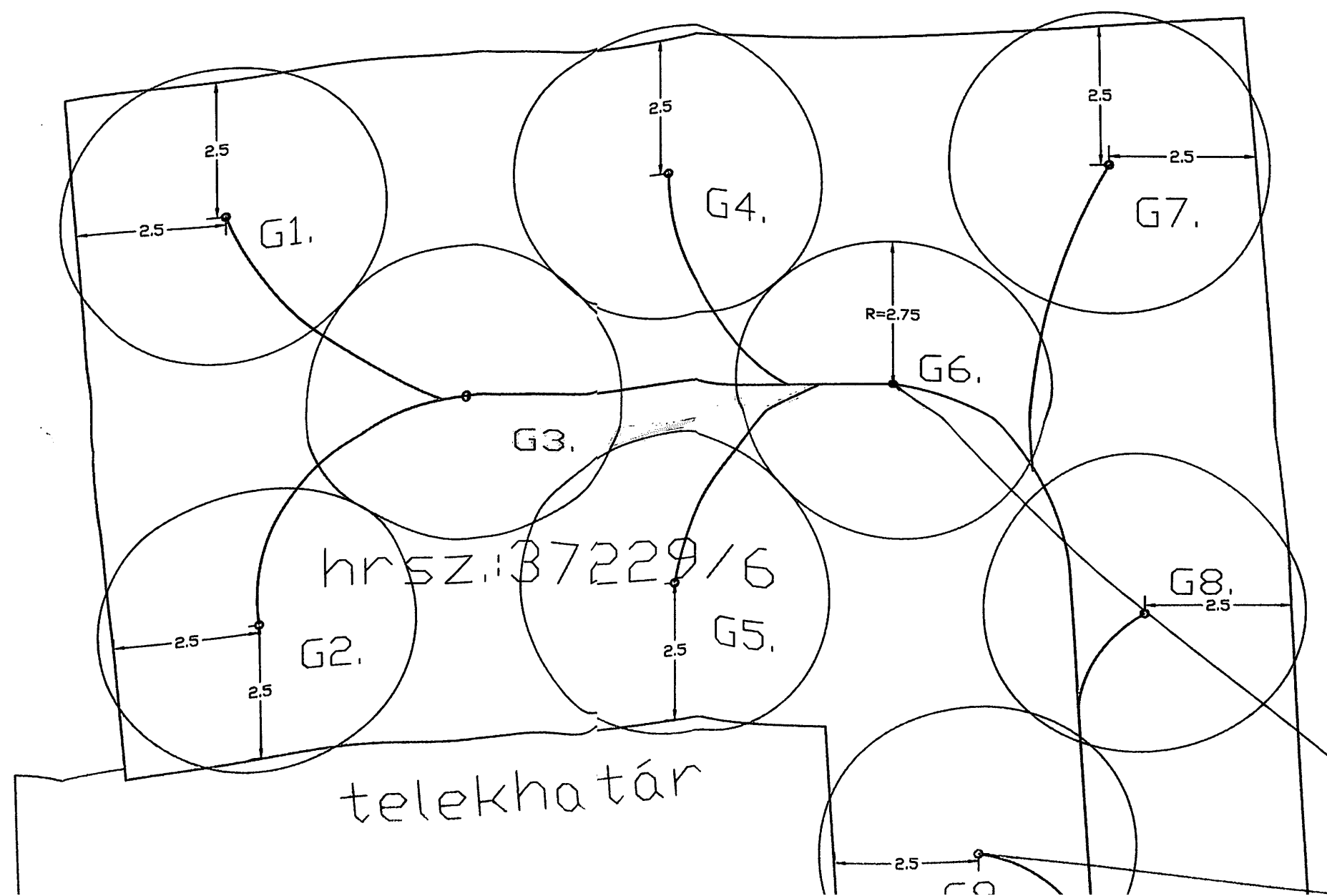
Megjegyzés:

Szintezési alappont:
A IX. kerület Sobieski J. u. 28. számú ház falában lévő E 1925 számú alappont (107,761Bm)
A magasságok Balli alapszint felett értendők

Aláírás:	
Építőmérnöki intézet	
Dátum: 2018.12.31.	
Szakdolgozat	
Geotechnika szakcsoport	
Ép. M=1:100 A1 Sz-5	

Földhőszonda kiosztás M=1:100

hrsz.:37229/3



hrsz.:37231

Földhőszonda

680 Y:

1-24.

hrsz.:37229/3

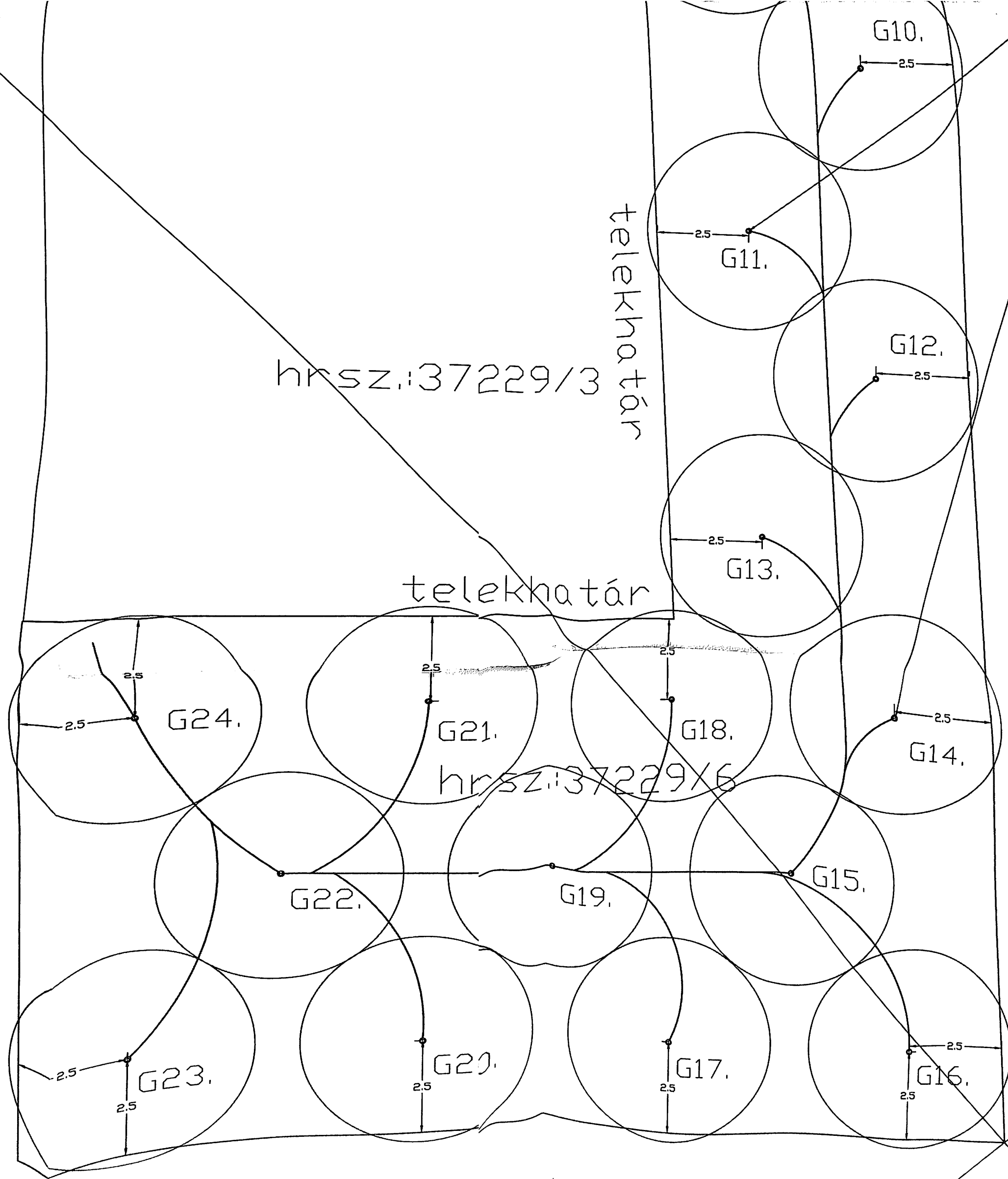
telekhatár

telekhatár

hrsz.:37229/5

hrsz.:37229/6

Sobieski János utca



EDV X:
237296

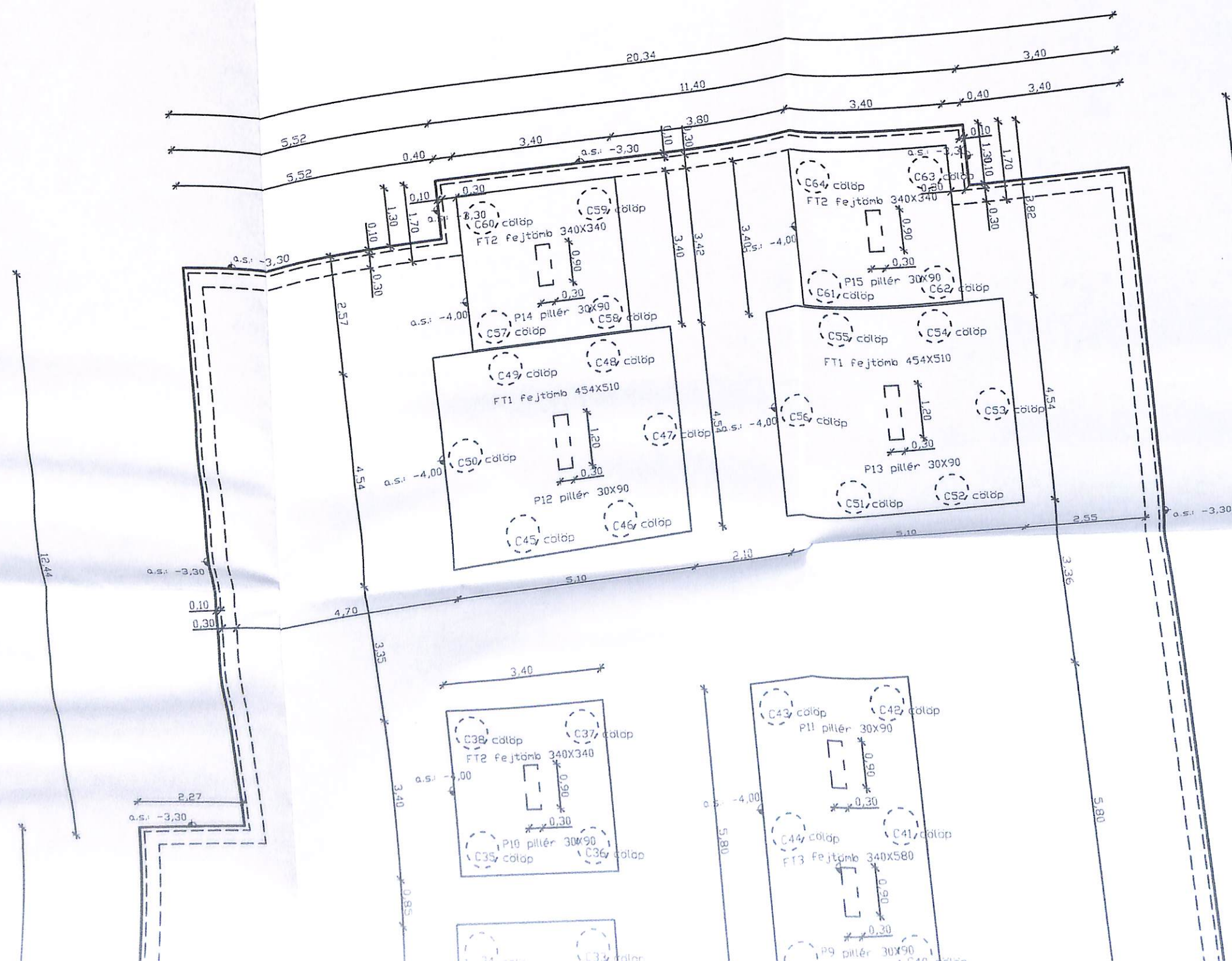
Megjegyzések:

A tervek gyűjt ke
A épészeti áttörés
alapján kell alkézi

összesen 24 db főle
minimun 5m raszter

Talajvízszint: 103 n

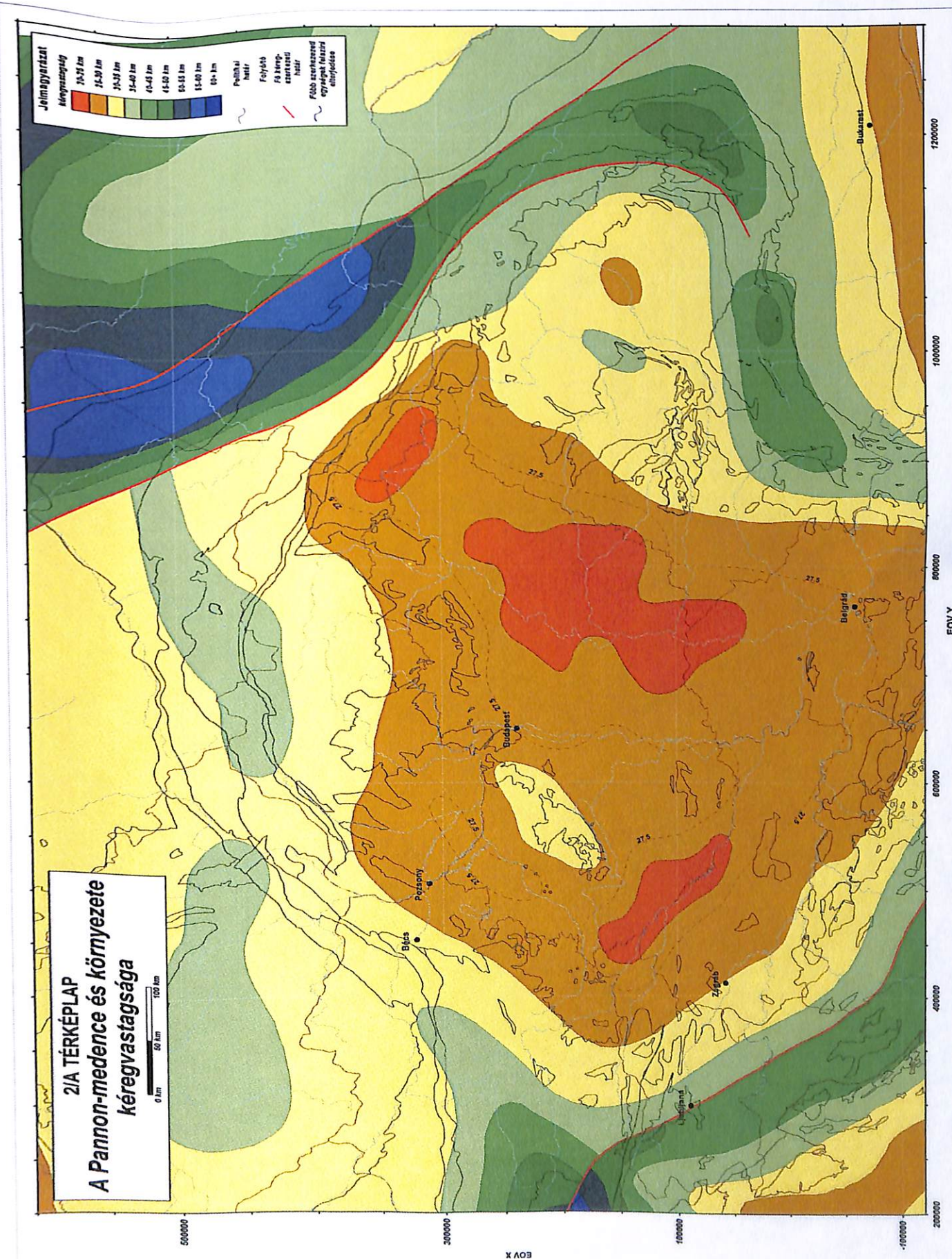
Cölöpkiészítési terv $M=1:100$





Megjegyzések:
 Alaplerez. Fejtők, cölöp
 Betonacél: B500
 Betonfedés: 6,0cm
 A tervek együtt kezelend.
 A gépészeti áttörések vé
 alaplán kell elkészíteni.
 FT1 Fejtőből 10 db
 FT2 Fejtőből 2 db
 FT3 Fejtőből 1 db
 CFA cölöp

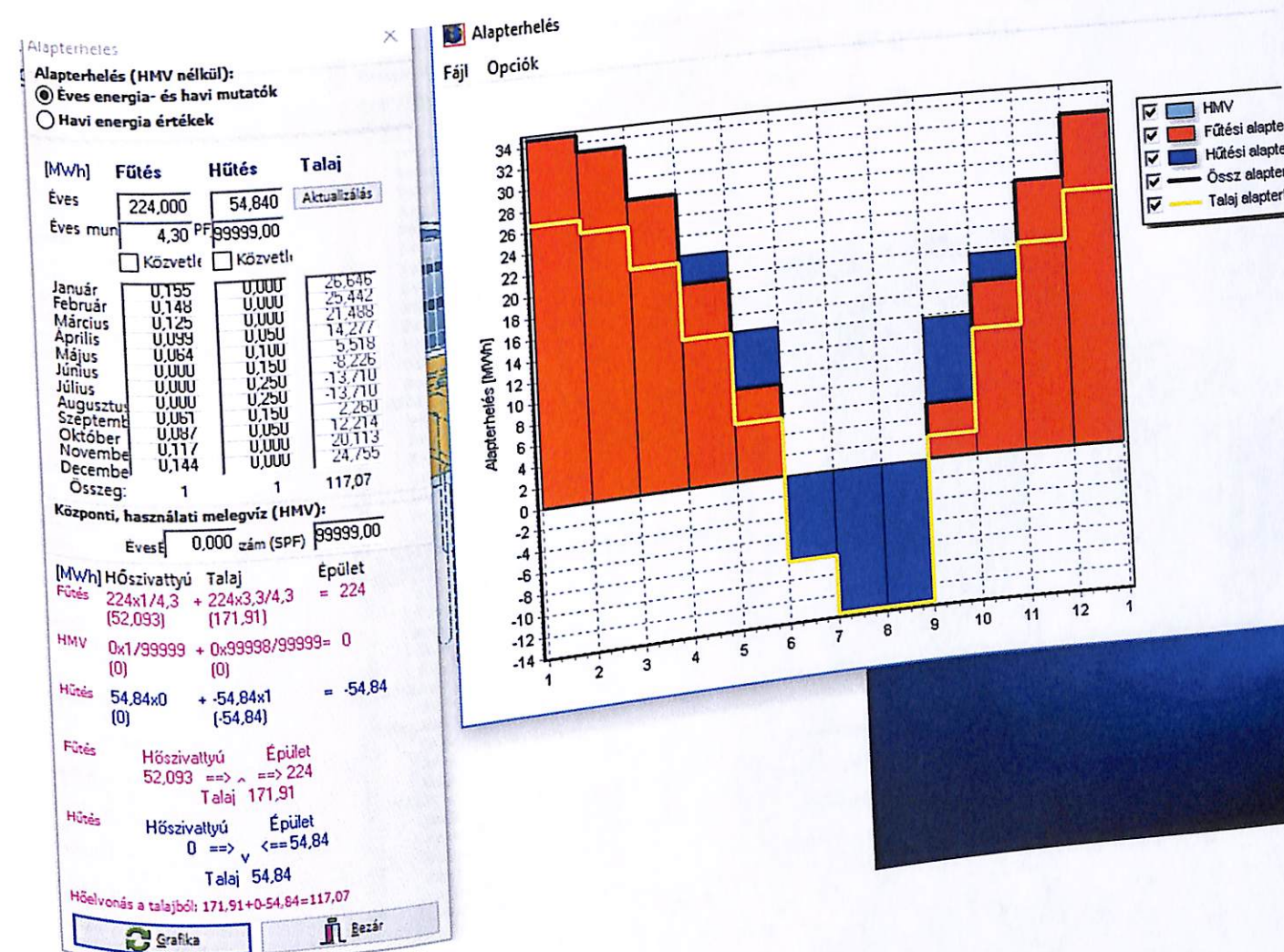
4-M Kéregvastagság (forrás: http://geophysics.elte.hu/atlas/geodin_atlas.htm)



[illegible]

Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

6-M EED Nem megfelelő szövegpozícionálás



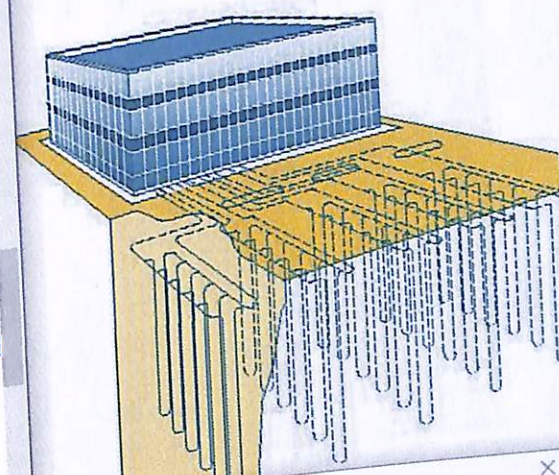
7-M EED Adatbevitel

Bevitel	Költségek	Megoldás	Eredmény	Beállítások	Info	Leírás
			F1			EED
	Alaptulajdonságok		F2			
	Furat és hőcserélő		F3			
	Furat hőellenállás		F4			
	Hőhordozó folyadék		F5			
	Alapterhelés		F6			
	Csúcsterhelés		F7			
	Szimulációs periódus					

Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

8-M EED Választható értékek az adatbázisból

Energy Designer - EED
(Unicode)
Configurations (0-797)



Hővezetőképesség
Értékek átváltása
☒ Nem ☐ SI => ENG ☐ ENG => SI

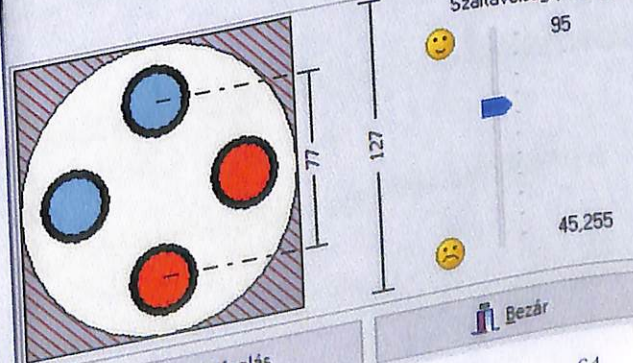
recommended	2.9
minimum	2.54
maximum	3.73
Result	
recommended	1.7
minimum	1.33
maximum	2.29
Bentonite 12 %	
recommended	0.7
Bentonite/Sand 12 % / 15 %	
recommended	1.5
Result	
recommended	2.8
minimum	2.26
maximum	4.11
Clay, dry	
recommended	0.4
minimum	0.40
maximum	0.90
Clay, moist - wet	
recommended	1.6
minimum	0.90
maximum	2.22
Claystone	
recommended	2.2
minimum	1.05
maximum	3.02
Coal	
recommended	0.3
minimum	0.26
maximum	0.63
Concrete	
recommended	1.6
minimum	0.92
maximum	2.02
Conglomerate	
recommended	2.8
minimum	1.35
maximum	3.70
Granite	
recommended	2.6
minimum	0.65
maximum	0.77
Bentonite 10 %, frozen	
recommended	1.4
Bentonite 20%, in water	
recommended	0.6
minimum	0.64
maximum	0.66
Bentonite 40%, in water	
recommended	0.6
minimum	0.53
maximum	0.82
Bentonite 40 %, frozen	
recommended	0.9
Bent./Cem./Sand 8.5/13/26.5%	
recommended	0.8
Bent./Cem./Sand 9/9/20%	
recommended	0.7
Bent./Cem./Sand 9/9/27%	
recommended	0.8
Bent./Cem./Sand 9.5/9.5/15%	
recommended	0.7
Bentonite/Sand 12/50%	
recommended	1.5
Bentonite, dry	
recommended	0.14
Sand, frozen	
recommended	2.0
minimum	1.25
maximum	2.94
Sand, saturated	
recommended	2.4
minimum	1.73
maximum	5.02
Sand, moist	
recommended	1.0
minimum	0.58
maximum	1.75
Sand, dry, compacted	
recommended	1.2
minimum	1.11

Geotermikus hőflux
Értékek átváltása
☒ Nem ☐ SI => ENG ☐ ENG => SI

Potsdam	0.070
Regensburg	0.080
Regensburg	0.060
Rosenheim	0.070
Rostock	0.080
Saarbrücken	0.080
Schweinfurt	0.070
Schwerin	0.080
Stuttgart	0.070
Trier	0.080
Ulm	0.080
Wuerzburg	0.070
Zugspitze	0.070
GREECE	
Athens	0.110
Iraklion	0.070
Kalamata	0.080
Kerkyra	0.110
Larissa	0.200
Rhodos	0.080
Thessaloniki	0.080
HUNGARY	
Budapest	0.100
Debrecen	0.070
Győr	0.100
Miskolc	0.080
Pécs	0.100
Szeged	0.100
ICELAND	
Reykjavik	0.150
IRELAND	
Cork	0.060
Dublin	0.070
Shannon	0.050
ITALY	
Bari	0.080
Bologna	0.060
Bolzano	0.060
Cagliari (Sard)	0.080
Catania	0.040
Cortina d'Ampezzo	0.060

Alaptulajdonságok

Hővezetőképesség	2,220	?	W/(m·K)
Mennyiségi hőkapacitás (vol.)	2,300	?	MJ/(m³·K)
Talajfelszín hőmérséklet	14,500	?	°C
Geotermikus hőflux	0,07000	?	W/m²
Mélység	100,0		m
Szondatávolság	5,5		m
Furatátmérő	127,000	?	mm
Cső/töltés kontakttellenállás	0,0000		(m·K)/W
Töltés hővezetőképessége	0,920	?	W/(m·K)
Átfolyási mennyiség Q:	0,480		l/s
☐ Minden furatra ☒ Furatonként			
Csatlakozás fajtája (1=párhuzamos)	1		Q _{bh} =Q=0,48 l/s
U cső	32,000		mm
Külső átmérő	3,000	?	mm
Falvastagság	0,420		W/(m·K)
Hővezetőképesség	77,000		mm
Szártávolság (csőkönyvek távolsága)			



Asztalra másolás

64

9-M EED Költség fül

Költségek

Valutanem: HUF

Fix induló költség: 0,00 HUF

Fúrás

Furatorkénti fix költség: 0,00 HUF

Hosszmértékenkénti egységár: 0,00 HUF/m

Opcionális talajfúrás

Furatorkénti fix költség: 0,00 HUF

Hosszmértékenkénti egységár: 0,00 HUF/m

Mélység: 0,00 m

Árok

Hosszmértékenkénti egységár: 0,00 HUF/m

Close

10-M EED Megoldás fül

Megoldás	Eredmény	Beállítások	Info	Leírás	
				A folyadék középhőmérsékletének kiszámítása	F9
				Szükséges furathosszúság kiszámítása	F10
				A szükséges furathosszúság kiszámítása - optimalizálás	F11
				Folyadék hőmérséklet szélsőértékek	F12

11-M EED Eredmény fül

Eredmény	Beállítások	Info	Leírás
	Adattábla megjelenítés		F5
	Folyadék hőmérsékleti grafika		F6
	Min-max hőmérsékleti grafikák		F7

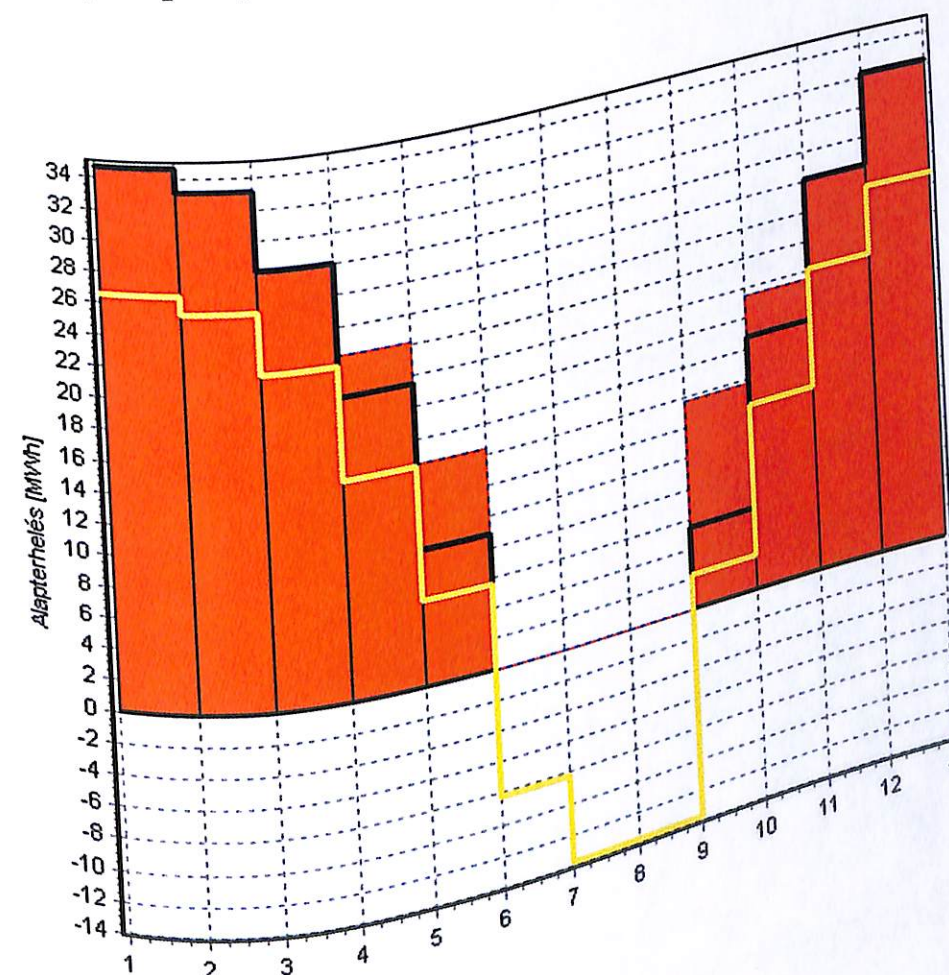
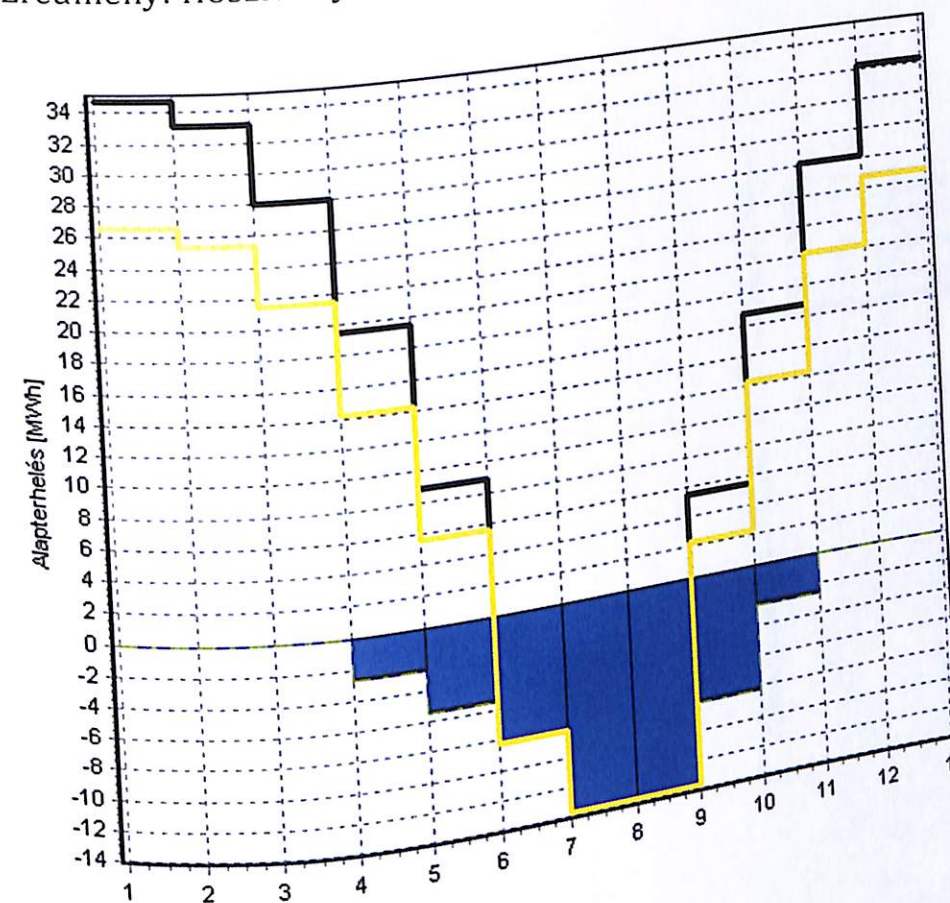
12-M Hibaüzenet

Confirm

Figyelmeztetés! Az átfolyás nem turbulens! Folytatja?
Re=2207,9.

Yes No

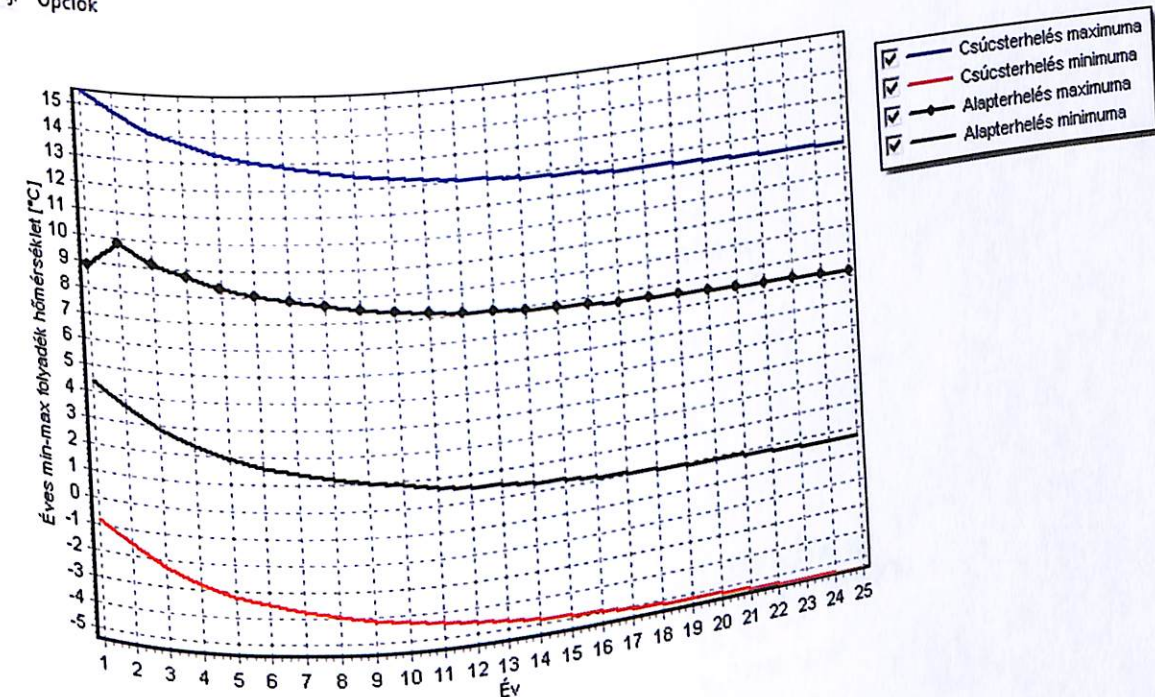
13-M EED Eredmény: Hőszivattyú - Talaj terhelése alapterheléskor havi bontásban



14-M EED Eredmény: Fluidum átlagos hőmérsékletváltozása havi bontásban

Min-max hőmérsékleti grafikák

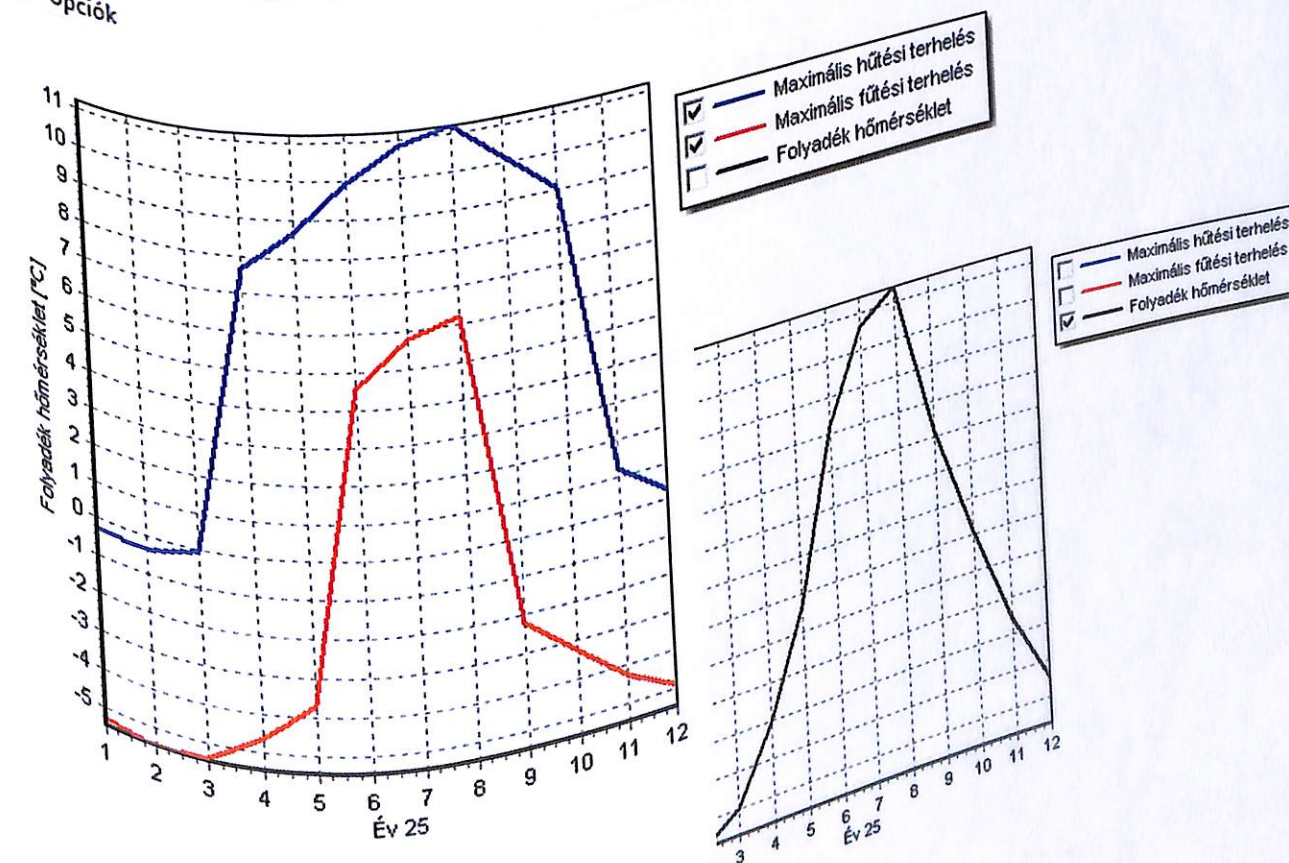
Fájl Opciók



15-EED Eredmény: Fluidum Min-Max függvénye

Folyadék hőmérsékleti grafika

Fájl Opciók



Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

16-M EED Eredménytáblázata

EED 3.21 www.buildingphysics.com

Input fájl: UNTITLED.DAT

Jelen output fájl: UNTITLED.OUT Dátum: 2018. 05. 31. Idő: 20:36:12

PROJEKTTTEL KAPCSOLATOS MEGJEGYZÉSEK
[]

Gyors adatösszefoglalás	-
Költségek	24
Furatok száma	100 m
Furat mélység	2400 m
Teljes talajszondahosszúság	

TERVEZÉSI ADATOK
=====

ALAP

Talaj hővezető-képesség	2,220 W/(m·K)
Talaj hőkapacitás	2,300 MJ/(m³·K)
Talajfelszín hőmérséklete	14,50 °C
Geotermikus hőflux	0,0700 W/m²

FURAT ÉS TALAJSZONDA

Konfiguráció:	92 ("24 : 7 x 7 L2-configuration")
Furat mélység	100 m
Furat távolság	5,5 m
Furat beállítás	Dupla-U
Furatátmérő	127 mm
U-cső átmérő	32 mm
U-cső vastagság	3 mm
U-cső hővezetőképesség	0,42 W/(m·K)
U-cső szártávolsága	77 mm
Töltés hővezetőképessége	0,92 W/(m·K)

Furat hőellenállása bekalkulálva	10
Multiplókusok száma	
Felső és alsó vezetékek közti belső hőátadás figyelembevételével	

HŐSZÁLLÍTÓ FOLYADÉK (TÖLTÉS)

Hővezetőképesség	0,48 W/(m·K)
Specifikus hőkapacitás	3795 J/(kg·K)
Sűrűség	1052 kg/m³
Vízszközítás	0,0052 kg/(m·s)
Fagyáspont	-14 °C
Szondánkénti átfolyási mennyiség	0,48 l/s

ALAPTERHELÉS

Éves HMV terhelés	0 MWh
Éves hőterhelés	224 MWh
Éves hűtési terhelés	54,84 MWh
Szezonális faktor	1E5
Évi fűtési napok száma	4,3
Évi hűtési napok száma	1E5

Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

Kalkulált értékek

Teljes talajszondahosszúság	2400 m
Hőelleánllás	0,3068 (m·K)/W
Furat belső hőellenállás	2378
Reynolds szám	0,01663 (m·K)/W
Hőelleánllás folyadék/cső	0,07868 (m·K)/W
Cső anyagának hőellenállása	0 (m·K)/W
Kontakt ellenállás cső/töltés	0,0833 (m·K)/W
Furat hőellenállás folyadék/talaj	0,0862 (m·K)/W

Tényleges szonda hőellenállás

Hónap	Faktor	Hőterhelés	Faktor	Fűtési terhelés	26,65
1	0,155	34,72	0	0	25,44
2	0,148	33,15	0	0	21,49
3	0,125	28	0,05	2,74	14,28
4	0,099	22,18	0,1	5,48	5,52
5	0,064	14,34	0,15	8,23	-8,23
6	0	0	0,25	13,71	-13,71
7	0	0	0,25	13,71	-13,71
8	0	0	0,25	8,23	2,26
9	0,061	13,66	0,15	2,74	12,21
10	0,087	19,49	0,05	0	20,11
11	0,117	26,21	0	0	24,75
12	0,144	32,26	0	0	117,1
Összesen	1	224	1	54,84	

CSÚCSTERHELÉS

Hónap	Havi csúcsterhelés [kW]	Tartam [h]	Hűtési csúcs	Tartam [h]
1	140	12	0	0
2	140	12	0	0
3	140	10	0	4
4	140	6	91,4	6
5	140	4	91,4	8
6	140	0	91,4	10
7	0	0	91,4	10
8	0	0	91,4	6
9	0	0	91,4	4
10	140	4	0	0
11	140	6	0	0
12	140	10	0	0
	140	12	25	9

Szimuláció időtartama (év)
Üzembehelyezés első hónapja

Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

SPECIFIKUS HŐELVONÁSI RÁTA [W/m]

Hónap	Alapterhelés	Csúcshő	
1	15,21	44,77	0
2	14,52	44,77	0
3	12,27	44,77	-38,08
4	8,15	44,77	-38,08
5	3,15	44,77	-38,08
6	-4,7	0	-38,08
7	-7,83	0	-38,08
8	-7,83	44,77	-38,08
9	1,29	44,77	0
10	6,97	44,77	0
11	11,48	44,77	0
12	14,13		

MAXIMÁLIS HŰTÉSI TERHELÉS: HŰTŐFOLYADÉK KÖZÉPHŐMÉRSÉKLET (a hónap végén) [°C]

Év	1	2	5	10	25
1	16,08	9,59	7,25	5,54	3,47
2	16,08	9,41	7,15	5,46	3,40
3	16,08	9,85	7,70	6,02	3,98
4	16,08	18,45	16,40	14,74	12,71
5	16,08	19,95	17,49	16,30	14,28
6	16,08	21,78	19,8	18,17	16,26
7	16,08	22,89	20,93	19,32	17,33
8	16,08	23,27	21,34	19,75	17,77
9	22,48	21,41	19,53	17,96	15,99
10	20,77	19,65	17,81	16,26	14,31
11	11,74	10,60	8,81	7,28	5,34
12	10,41	9,29	7,54	6,03	4,10

MAXIMÁLIS HŰTÉSI TERHELÉS: ÉV 25
Legalacsonyabb folyadék középhőmérséklet 3,40 °C ... végéig 2
Legmagasabb folyadék középhőmérséklet 17,77 °C ... végéig 8

MAXIMÁLIS HŐTERHELÉS: FOLYADÉK KÖZÉPHŐMÉRSÉKLETEK (a hónap végén) [°C]

Hónap	1	2	5	10	25
1	16,08	3,71	1,37	-0,34	-2,41
2	16,08	3,39	1,13	-0,56	-2,61
3	16,08	3,60	1,44	-0,23	-2,27
4	16,08	4,69	2,64	0,98	-1,05
5	16,08	6,13	4,12	2,48	0,46
6	16,08	15,63	13,64	12,01	10,01
7	16,08	17,07	15,11	13,49	11,51
8	16,08	17,45	15,52	13,93	11,95
9	16,08	7,62	5,73	4,16	2,19
10	8,69	5,88	4,04	2,49	0,53
11	7,00	4,20	2,40	0,88	-1,07
12	5,33	3,19	1,45	-0,06	-2,00

MAXIMÁLIS HŐTERHELÉS: ÉV 25
Legalacsonyabb folyadék középhőmérséklet -2,61 °C ... végéig 2
Legmagasabb folyadék középhőmérséklet 11,95 °C ... végéig 8

Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

ALAPTERHELÉS: FOLYADÉK KÖZÉPHŐMÉRSÉKLETEK (a hónap végén) [°C]

Hónap	1	2	5	10	25
1	16,08	9,59	7,25	5,54	3,47
2	16,08	9,41	7,15	5,46	3,40
3	16,08	9,85	7,70	6,02	3,98
4	16,08	11,07	9,02	7,36	5,33
5	16,08	12,77	10,76	9,12	7,10
6	16,08	15,63	13,67	12,01	10,01
7	16,08	17,07	15,11	13,49	11,51
8	16,08	17,45	15,52	13,93	11,95
9	15,62	14,55	12,67	11,10	9,13
10	13,58	12,46	10,62	9,07	7,12
11	11,74	10,60	8,81	7,28	5,34
12	10,41	9,29	7,54	6,03	4,10

ALAPTERHELÉS: ÉV 25
 Legalacsonyabb folyadék középhőmérséklet 3,40 °C ... végéig 2
 Legmagasabb folyadék középhőmérséklet 11,95 °C ... végéig 8

Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

17-M Fejtömbök vasalásának számítása lemezként

$$\begin{array}{lll} \text{C30/37-XA1-XC2-X0(H)-24-F4} & f_{cd}=20\text{N/mm}^2 & f_{ck}=30\text{N/mm}^2 \\ \text{B500} & f_{yd}=435\text{N/mm}^2 & f_{yk}=500\text{N/mm}^2 \end{array}$$

$$M_{Ed}=1889\text{ kNm (Axis)}$$

$$c_{min\text{ dur}}=25\text{mm} \quad c_{nom}=10+25=35\text{mm}$$

Bevasalhatóság ellenőrzése (feltételezett betonvas: $\Phi 25$)

$$h=800\text{mm} \quad B=1000\text{mm}$$

$$d=h-c_{nom}-\Phi/2=752,5\text{mm}$$

$$x_c=x_{co}=\xi_{co} \cdot d=0,49 \cdot 752,5=368,725\text{mm}$$

$$M_{Rdo}=f_{cd} \cdot x_{co} \cdot b \cdot (d-x_{co}/2)=3351,67\text{ kNm} > M_{Ed}=1889\text{ kNm}$$

A keresztmetszet bevasalható!

$$\xi_c=1-\sqrt{(1-2 \cdot M_{Ed}/(f_{cd} \cdot b \cdot d^2))}=0,2365$$

$$x_c=\xi_c \cdot d=177,93\text{mm}$$

$$N_c=N_s=f_{cd} \cdot x_c \cdot b - A_s \cdot \sigma_s=0 \quad \sigma_s=f_{yd} \quad \text{III. feszültségi állapotban}$$

$$A_s=f_{cd} \cdot x_c \cdot b / \sigma_s=6545\text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{ min}}=\rho_{min} \cdot b \cdot d=909,02\text{mm}^2$$

$$l_b=c \cdot \Phi$$

$$c(\text{C30/37;B500})=36$$

Axis ábra lefedéséhez:

$$\Phi 16/200=1005\text{mm}^2$$

$$l_b=0,58\text{m}$$

$$\Phi 16/100=2011\text{mm}^2$$

$$l_b=0,58\text{m}$$

$$\Phi 32/200=4021\text{mm}^2$$

$$l_b=1,15\text{m}$$

$$\Phi 40/200=6283\text{mm}^2$$

$$l_b=1,44\text{m}$$

Lehorgonyzási hosszok a szerkesztési szabályoknak megfelelően lettek meghatározva.

18-M Fejtömb Nyírási vasalás és szerkesztési szabályok ellenőrzése

Nyírás ellenőrzése:

II. Fejtömb

A fejtömb feletti pillér mérete: 300x1200mm

$V_{Ed}=7038$ kN (mértékadó-Axis) $d=752,5$ m $\beta=1,15$

$u=(300+1200)*2=3000$ mm

$v_{Ed}=\beta*V_{Ed}/(u*d)= 3,585$ N/mm²

Nyírásra nem vasalt oszlop vizsgálata:

$v=0,6*(1-f_{ck}/250)=0,528$ N/mm²

$V_{Rd\ max}= 0,5*v*f_{cd}= 5,28$ N/mm² $>$ $v_{Ed}= 3,585$ N/mm²

A I. Fejtömb megfelel nyírásra, külön nyírási vasalás nem szükséges.

II. Fejtömb

A fejtömb feletti pillér mérete: 300x900mm

$V_{Ed}=5476$ kN (mértékadó-Axis) $d=752,5$ m $\beta=1,15$

$u=(300+900)*2=2400$ mm

$v_{Ed}=\beta*V_{Ed}/(u*d)= 3,487$ N/mm²

Nyírásra nem vasalt oszlop vizsgálata:

$v=0,6*(1-f_{ck}/250)=0,528$ N/mm²

$V_{Rd\ max}= 0,5*v*f_{cd}= 5,28$ N/mm² $>$ $v_{Ed}= 3,487$ N/mm²

A II. Fejtömb megfelel nyírásra, külön nyírási vasalás nem szükséges.

Szerkesztési szabályok ellenőrzése:

$c_{nom}=35$ mm ≤ 10 mm+max($c_{min,b}$; $c_{nim,dur}$; 10mm)=40mm

Nem felel meg! $c_{nom\ új}=40$ mm

$a_{min}=\max(\Phi; 20$ mm; d_g+5 mm)=40mm $\leq$ $a_{alk\ min}= 74$ mm Megfelel!

$a_{alk\ max}=184$ mm $\leq$ $a_{max}=400$ mm Megfelel!

A lehorgonyzási hosszak a szerkesztési szabályokkal összhangban lettek megválasztva, valamint toldásra nincs szükség a fejtömbökben.

Lemez legkisebb vastagsága nyírásai valasálás nélkül: $h_{\min}=70\text{mm} \leq h_{\text{alk}}=800\text{mm}$

Megfelel!

Legnagyobb vasátmérő: $\Phi_{\max} \leq h/10=800/10=80 > \Phi_{\text{alk max}}=40$ Megfelel!

A minimális vashányad előzőleg meghatározásra került, és alkalmazva lett.

19-M Cölöp vasalás számítása és szerkesztési szabályok ellenőrzése

C30/37

$c_{nom} = 60\text{mm}$ (Szepesházi ajánlás, mert $d=700\text{mm} > 600\text{mm}$)

Hosszvas:

$N_{Ed} = 1039,12\text{kN}$ (Axis)

$d = 700\text{ mm}$

$A_{cölöp} = d^2 \cdot \pi / 4 = 0,7^2 \cdot \pi / 4 = 0,385\text{m}^2$

$A_{cölöp} \leq 0,5\text{ m}^2 \rightarrow A_{cölöp} 0,5\% = 385000 \cdot 0,005 = 1925\text{mm}^2 \leq A_{vas} = 2281\text{mm}^2$

$A_{s\ min} = \max(0,003 \cdot A_{cölöp}; 0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}) = \max(0,003 \cdot 385000; 0,1 \cdot 1039120 / 435) =$
 $\max(1155; 238,88)\text{mm}^2$

$A_{s\ max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 385000 = 15400\text{mm}^2$

$6 \Phi 22 = 2281\text{mm}^2$

$N_{Rd} = A_{c,core} \cdot f_{cd,c} + A_{s\ min} (400 \cdot (f_{cd,c} / f_{cd})^2; f_{yd}) =$
 $30387,98 \cdot 22,33 + 2281 \cdot 435 = 1670,8\text{kN}$

$N_{Ed} = 1039,12\text{kN} < N_{Rd} = 1670,8\text{kN}$

Megfelel!

Spirál kengyel:

$\Phi_{s,max} = (\Phi_{max} / 4; 6\text{mm}) = \max(22 / 4; 6) = \max(5,5; 6) \rightarrow \Phi 8\text{ (B500)}$

$V_z = 166,83\text{ kN}$ (Axis)

$s_{s,max} = \min(15 \Phi; h_{min} = d; 400) = \min(330; 700; 400)$

$s_{s,alk} = 300\text{mm}$, cölöp alján és tetején megerősítve: $s_{s,alk} = 100\text{mm}$

$D = d - 2 \cdot c_{nom} - \Phi = 700 - 2 \cdot 60 - 8 = 572\text{mm}$

$\sigma_2 = 2 \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} / (s \cdot D) = 2 \cdot 50 \cdot 435 / 100 \cdot 572 = 0,7605\text{N/mm}^2$

$V_z / A_{cölöp} = 166830 / 385000 = 0,4333\text{N/mm}^2$

$\sigma_2 = 0,7605\text{N/mm}^2 > V_z / A_{cölöp} = 0,4333\text{N/mm}^2$

Megfelel!

Újépítésű Lakópark
Földhőszondás Hőellátása És Alapozás Tervezése

20-M Axis fejlemez modell ábrái

AXAxisVMi X4 R3j HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

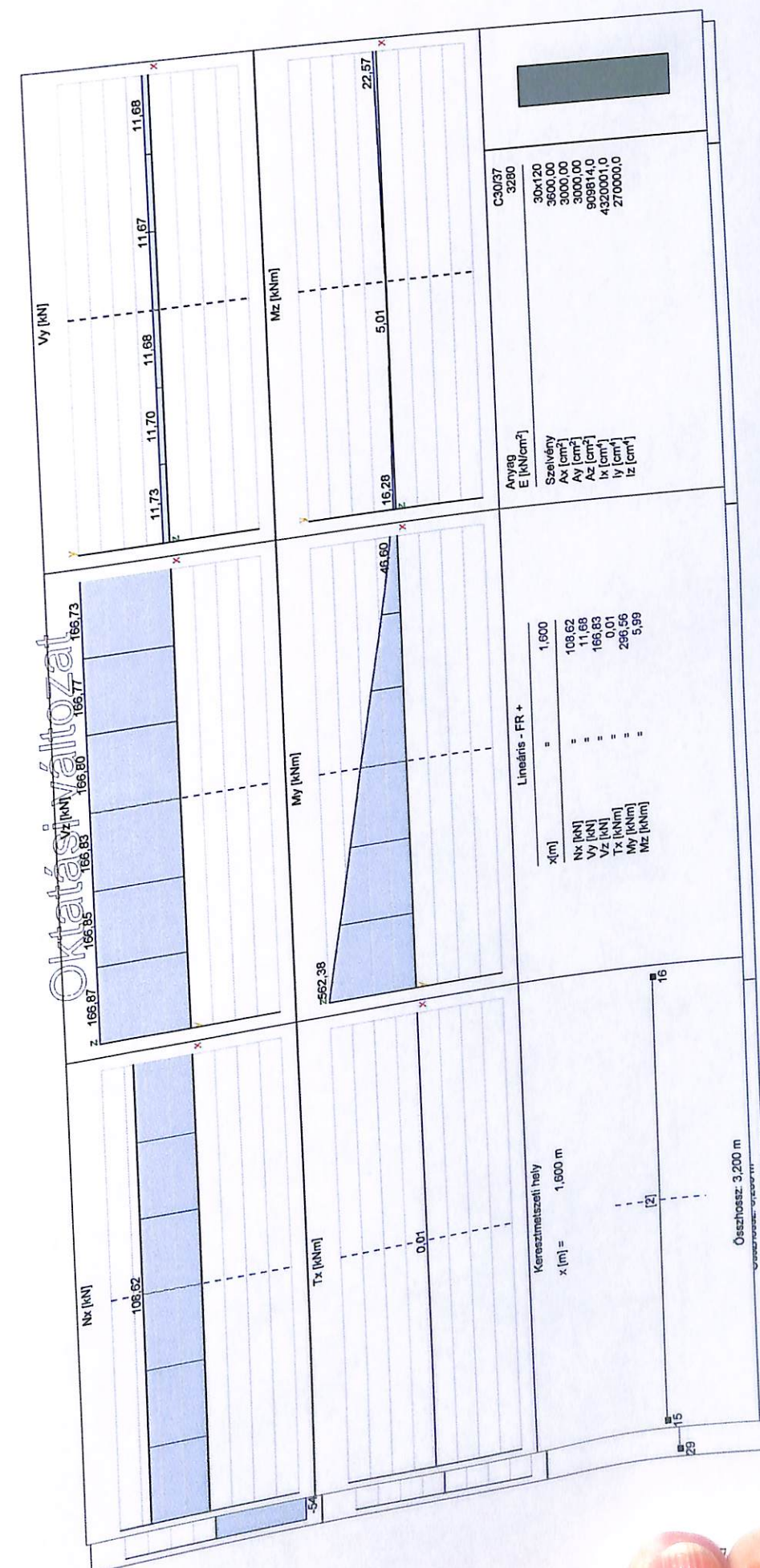
2018. 12. 17. 43. oldal

Munka:

Munka: Tervező: Richter Mérnöki Iroda Kft.

Modell: sobi32_3D 0331.axs

MacModell: sobi32_3D_0331.xls
KerKeresztszetszeti igénybevételek (2. rúd)



Axis VM X4 R3J HALLGATÓI VÁLTOZAT - Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

2018. 12. 17.

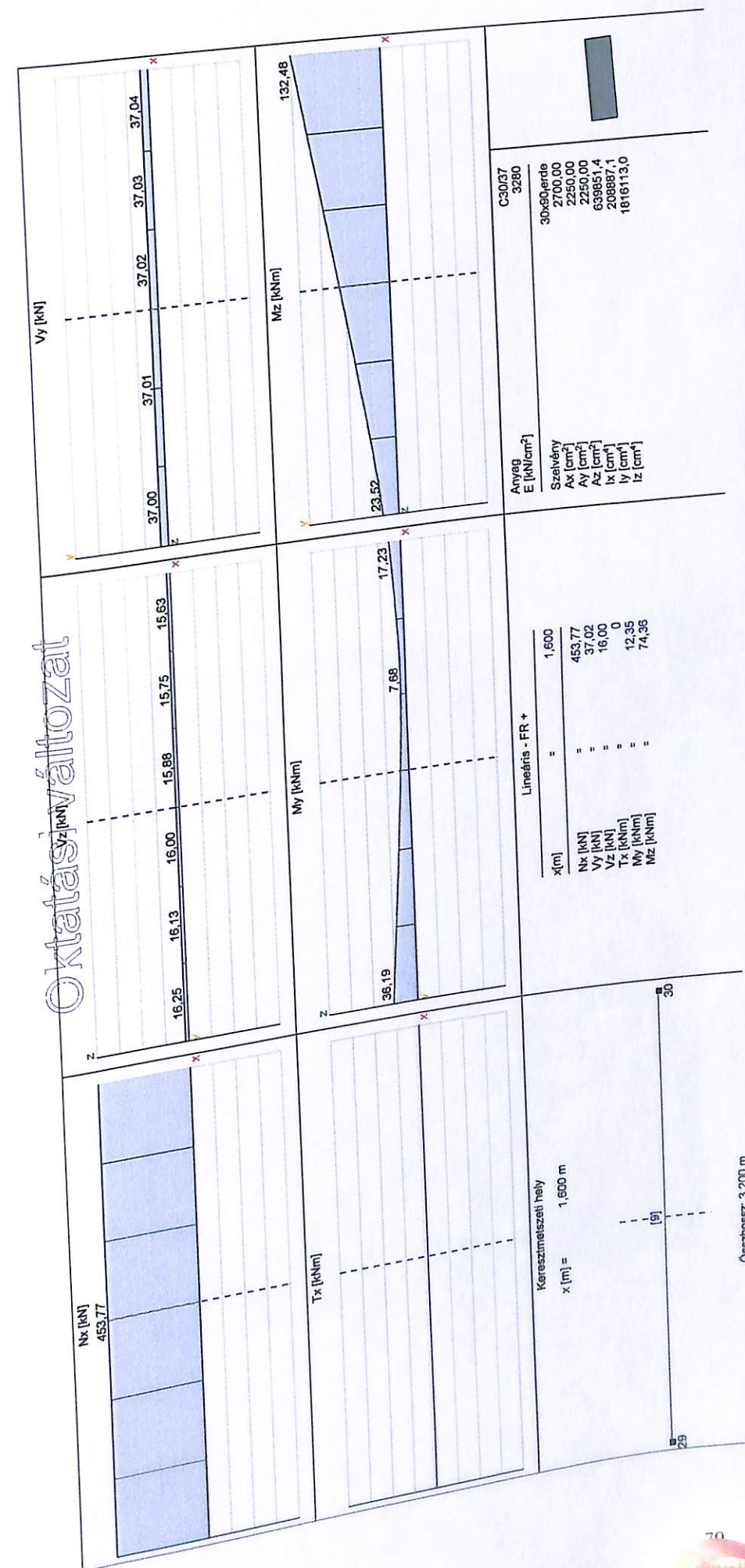
Munka:
Tervező: Richter Mérnöki Iroda Kft.
Modell: **sobi32_3D 0331.axs**
Keresztszeti igénybevételek (2. rúd)



Avis VM X4 R3 i HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

2018. 12. 17. 5. oldal

Munka:
Tervező: Richter Mérnöki Iroda Kft.
Modell: sobi32_3D 0331.aks
Keresztszetszeti igénybevételek (9. rúd)

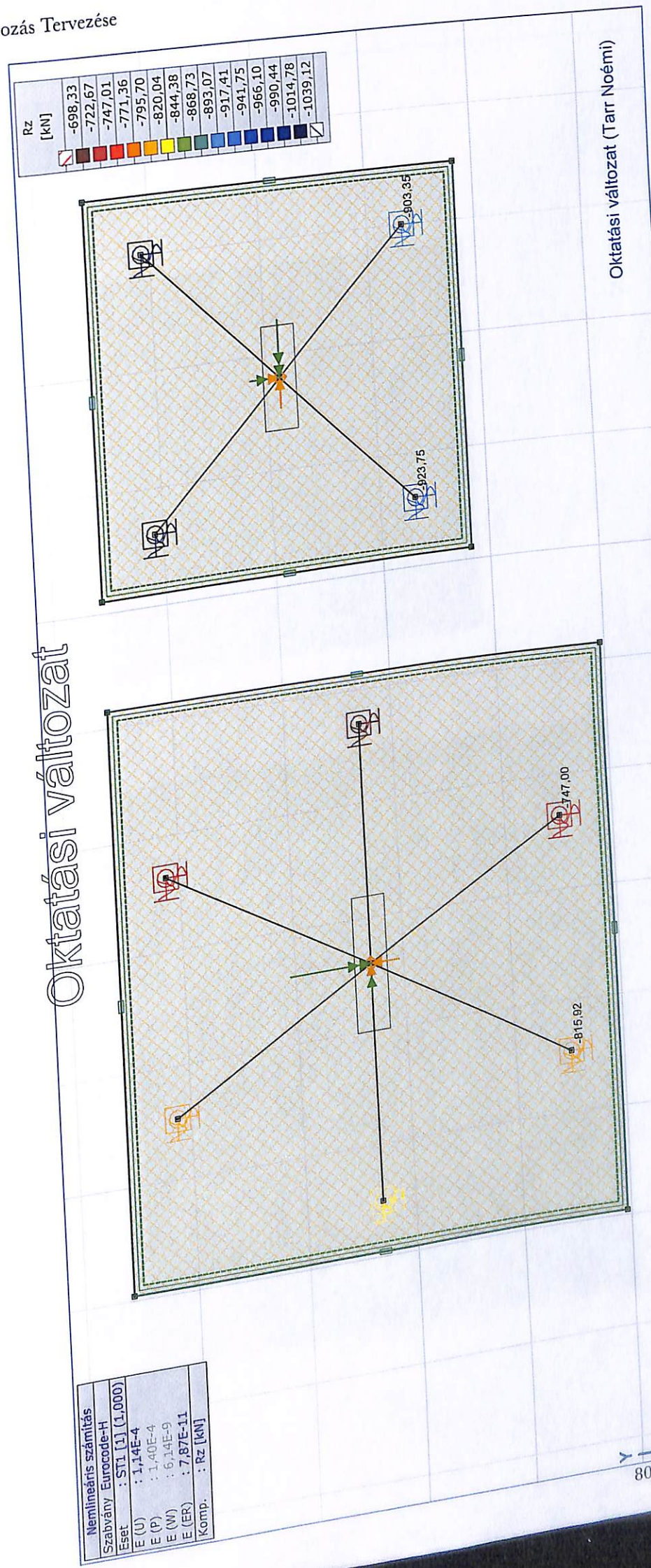


AxisVM X4 R3J HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

2018. 12. 20. 4. oldal

Munka:
Tervező: Tarr Noémi
Modell: Szakdolgozat_fejtombb.axs M = 1 : 50

Oktatási változat



Oktatási változat (Tarr Noémi)

AxisVM X4 R3j HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

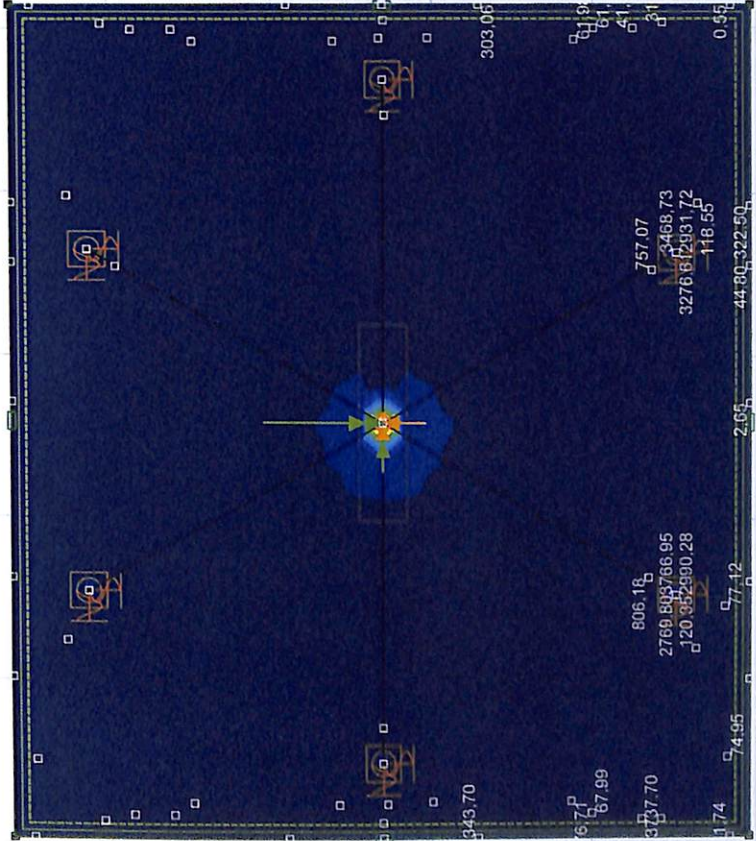
Tervező: Tarr Noémi

Modell: Szakdolgozat_fejtomb.ans M = 1 : 50

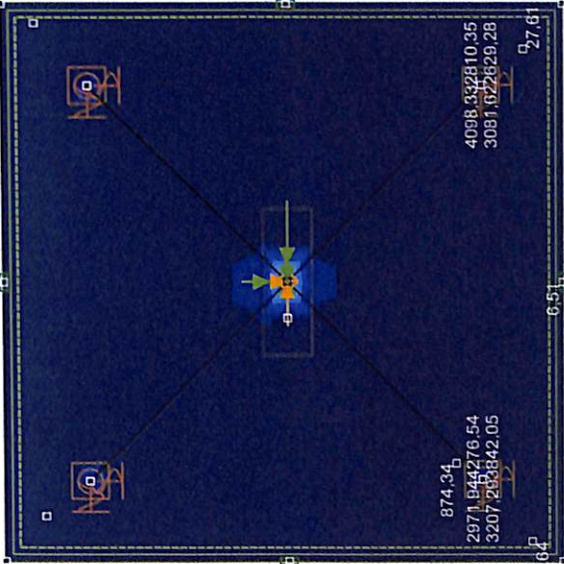
2018. 12. 20. 14. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás	
Szabvány Eurocode-H	
Eset	: ST1 [1] (1,000)
E (U)	: 1,14E-4
E (P)	: 1,40E-4
E (W)	: 6,14E-9
E (ER)	: 7,87E-11
Komp.	: vEd [kN/m]



vEd [kN/m]	
38838,05	
36063,95	
33289,84	
30515,73	
27741,62	
24967,51	
22193,40	
19419,29	
16645,18	
13871,07	
11096,96	
8322,85	
5548,74	
2774,63	
0,52	



Oktatási változat (Tarr Noémi)

AxisVM X4 R3j HALLGATÓI VÁLTOZAT - Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

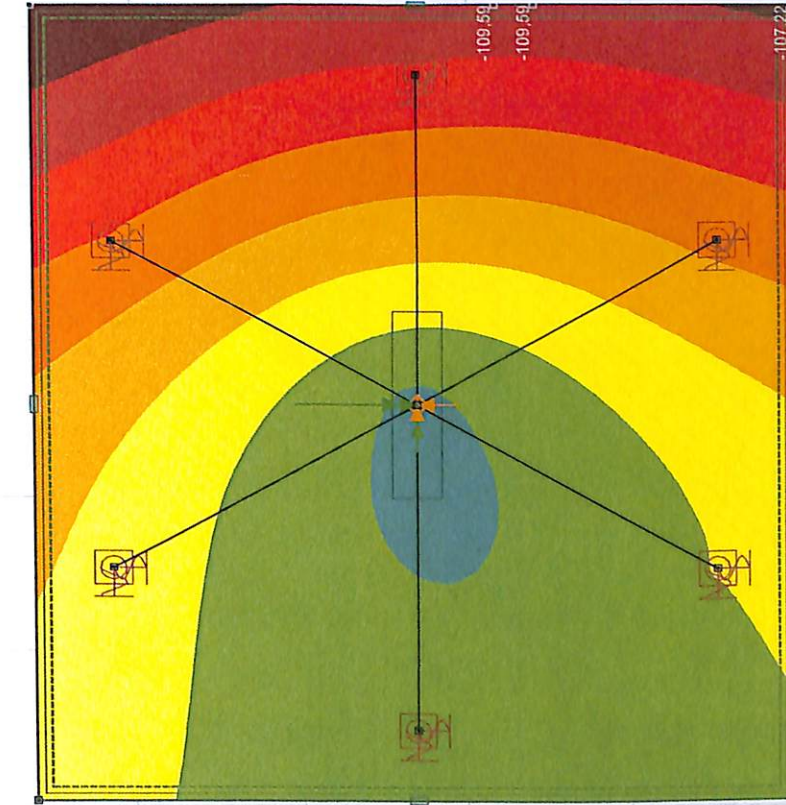
Tervező: Tarr Noémi

Modell: Szakdolgozat_fejtomb.ans M = 1 : 50

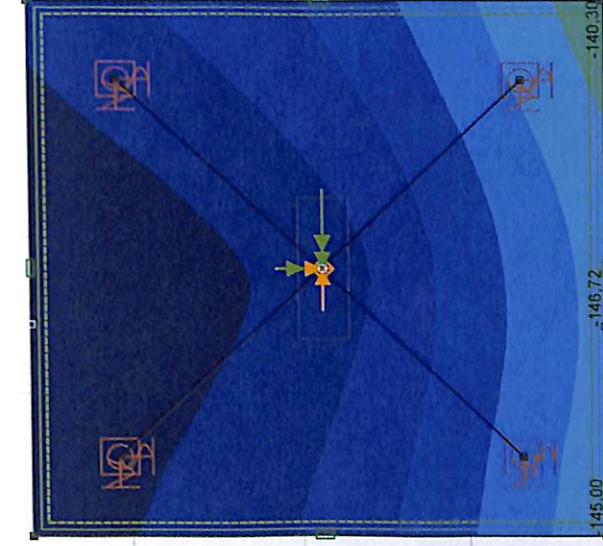
2018. 12. 20. 5. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás
Szabvány Eurocode-H
Eset : ST1 [1] (1,000)
E (U) : 1,14E-4
E (P) : 1,40E-4
E (W) : 6,14E-9
E (ER) : 7,87E-11
Komp. : Rz [kN/m²]



Rz
[kN/m²]
-103.19
-108.23
-113.27
-118.31
-123.35
-128.39
-133.43
-138.46
-143.50
-148.54
-153.58
-158.62
-163.66
-168.70
-173.74



Oktatási változat (Tarr Noémi)

AxisVM X4 R3| HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

Tervező: Tarr Noémi

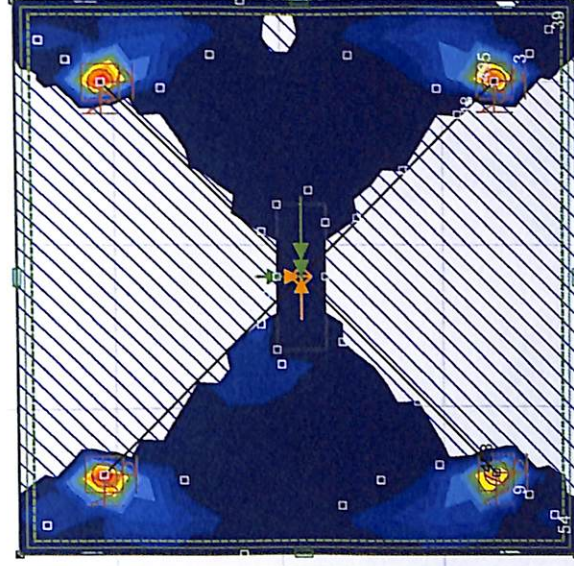
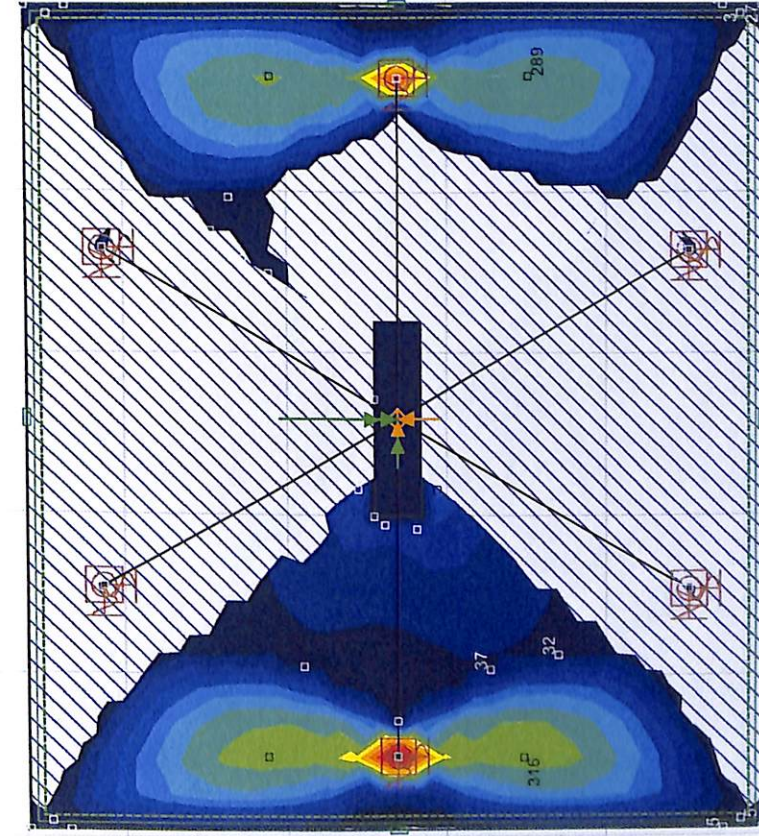
Modell: Szakdolgozat_fejtomb.avs M = 1 : 50

2018. 12. 20.

12. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	: ST1 [1] (1,000)
E (U)	: 1,14E-4
E (P)	: 1,40E-4
E (W)	: 6,14E-9
E (ER)	: 7,87E-11
Komp.	: axf [mm ² /m]



axf	[mm ² /m]
580	
539	
498	
456	
415	
373	
332	
290	
249	
207	
166	
124	
83	
41	
0	



AxisVM X4 R3J HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

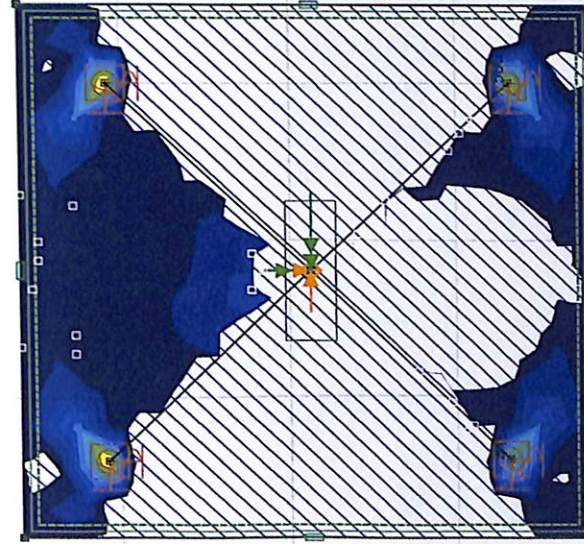
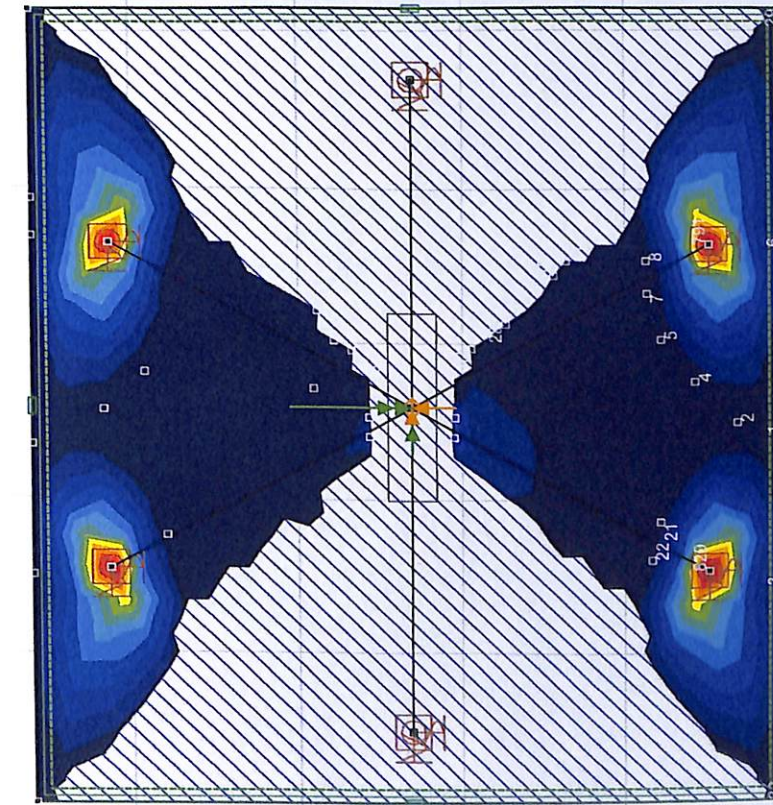
Tervező: Tarr Noémi

Modell: Szakdolgozat_fejtombb.axs M = 1 : 50

2018. 12. 20. 13. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás
Szabvány Eurocode-H
Eset : ST1 [1] (1,000)
E (U) : 1,14E-4
E (P) : 1,40E-4
E (W) : 6,14E-9
E (ER) : 7,87E-11
Komp. : avf [mm ² /m]



avf [mm ² /m]	829
	769
	710
	651
	592
	533
	474
	414
	355
	296
	237
	178
	118
	59
	0

AxisVM X4 R3; HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

Tervező: Tarr Noémi

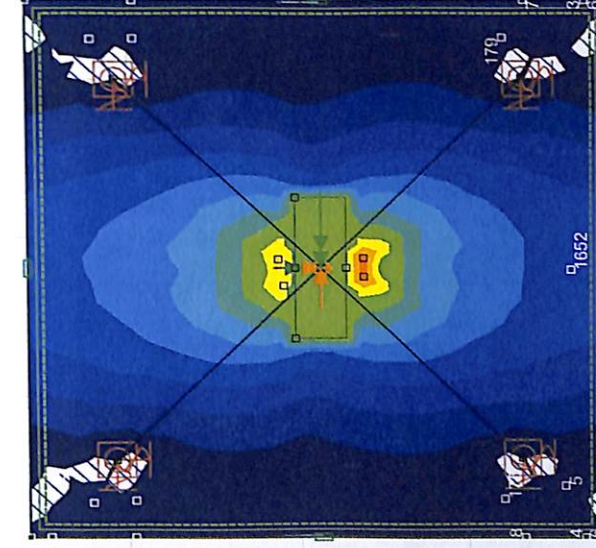
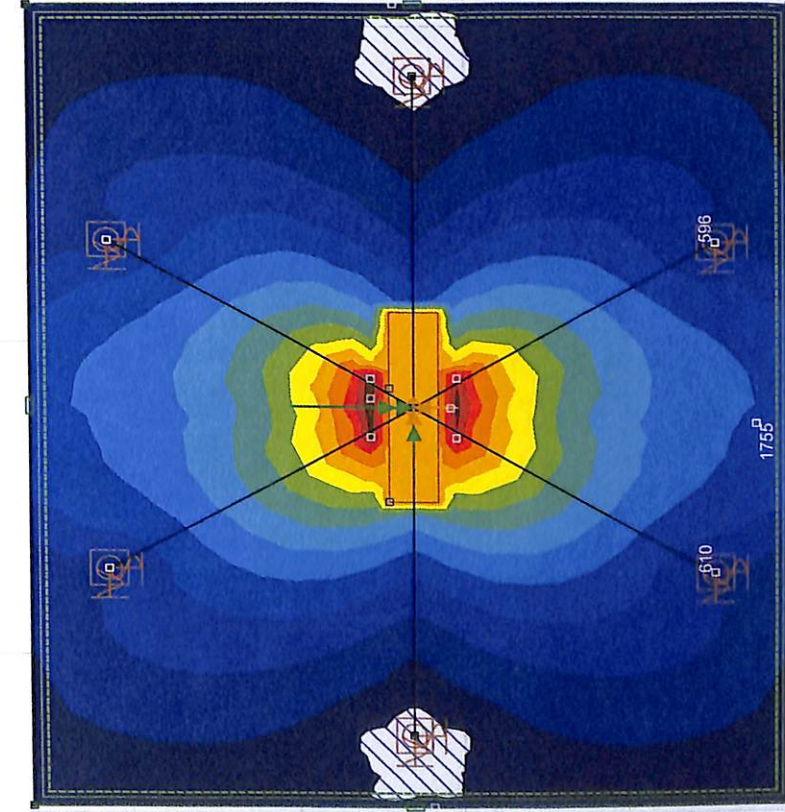
Modell: Szakdolgozat_fejtomb.avs M = 1 : 50

2018. 12. 21. 1. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	: ST1 [1] (1.000)
E (U)	: 1,14E-4
E (P)	: 1,40E-4
E (W)	: 6,14E-9
E (EK)	: 7,87E-11
Komp.	: axa [mm ² /m]

axa	[mm ² /m]
	6354
	5901
	5447
	4993
	4539
	4085
	3631
	3177
	2723
	2269
	1816
	1362
	908
	454
	0



Oktatási változat (Tarr Noémi)

AxisVM X4 R3| HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

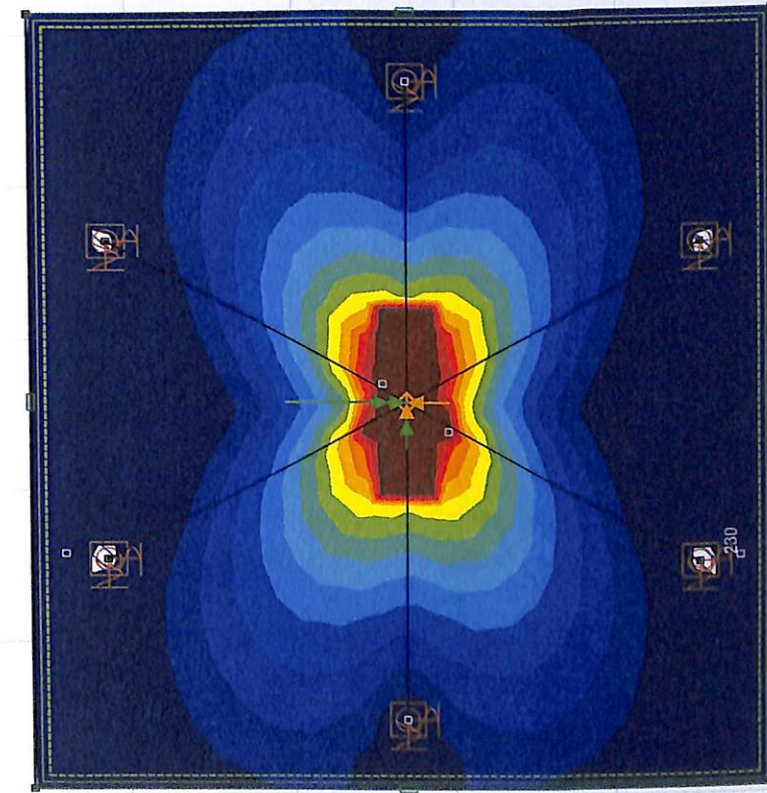
Tervező: Tarr Noémi

Modell: Szakdolgozat_fejtombb.axs M = 1 : 50

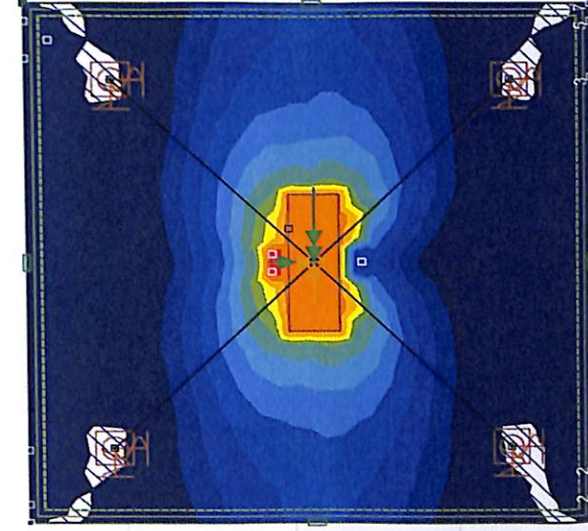
2018. 12. 20. 11. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás	
Szabvány Eurocode-H	
Eset	: ST1 [1] (1,000)
E (U)	: 1,14E-4
E (P)	: 1,40E-4
E (W)	: 6,14E-9
E (ER)	: 7,87E-11
Komp.	: aya [mm ² /m]



aya	[mm ² /m]
5442	
5101	
4760	
4418	
4077	
3736	
3394	
3053	
2712	
2370	
2029	
1688	
1346	
1005	
0	



Oktatási változat (Tarr Noémi)

AxisVM X4 R3j HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

Tervező: Tarr Noémi

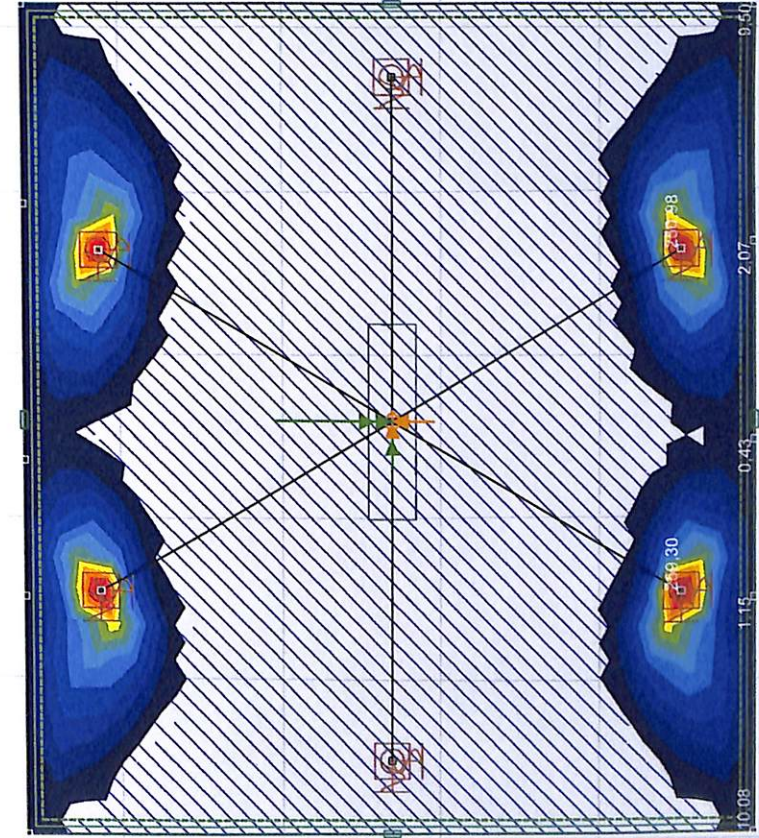
Modell: Szakdolgozat_fejtombb.axs M = 1 : 50

2018. 12. 20.

9. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	: ST1 [1] (1,000)
E (U)	: 1,14E-4
E (P)	: 1,40E-4
E (W)	: 6,14E-9
E (ER)	: 7,87E-11
Komp.	: myV+ [kNm/m]



myV+ [kNm/m]	
259,30	
240,78	
222,26	
203,73	
185,21	
166,69	
148,17	
129,65	
111,13	
92,61	
74,09	
55,56	
37,04	
18,52	
0	

Oktatási változat (Tarr Noémi)

AxisVM X4 R3j HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

Tervező: Tarr Noémi

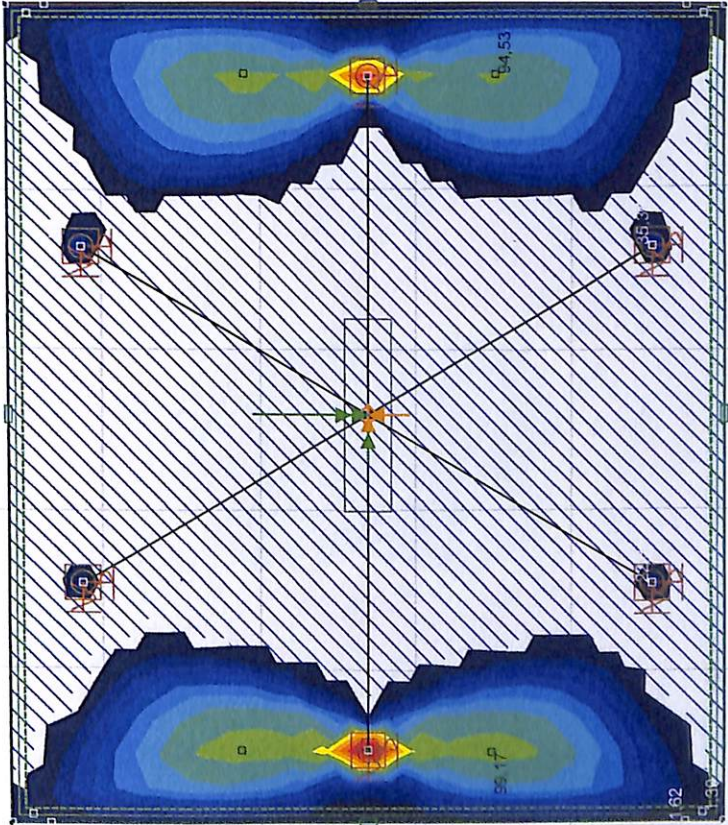
Modell: Szakdolgozat_fejtomb.ans M = 1 : 50

2018. 12. 20.

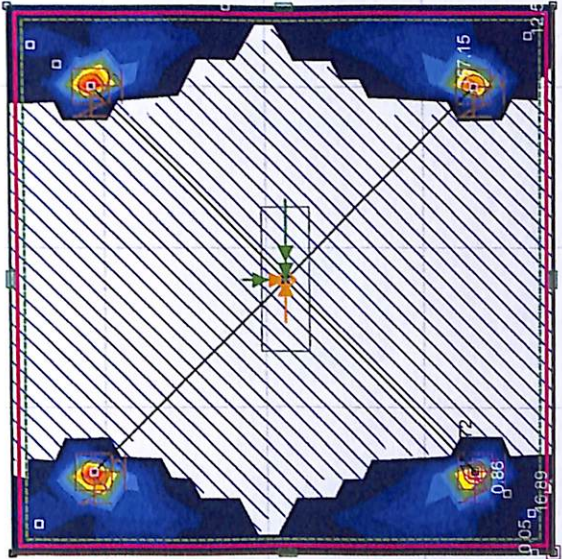
8. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás
Szabvány Eurocode-H
Eset : ST1 [1] (1.000)
E (U) : 1,14E-4
E (P) : 1,40E-4
E (W) : 6,14E-9
E (ER) : 7,87E-11
Komp. : mxV+ [kNm/m]



mxV+ [kNm/m]
186,20
172,90
159,60
146,30
133,00
119,70
106,40
93,10
79,80
66,50
53,20
39,90
26,60
13,30
0



Oktatási változat (Tarr Noémi)

AxisVM X4 R3j HALLGATÓI VÁLTOZAT · Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

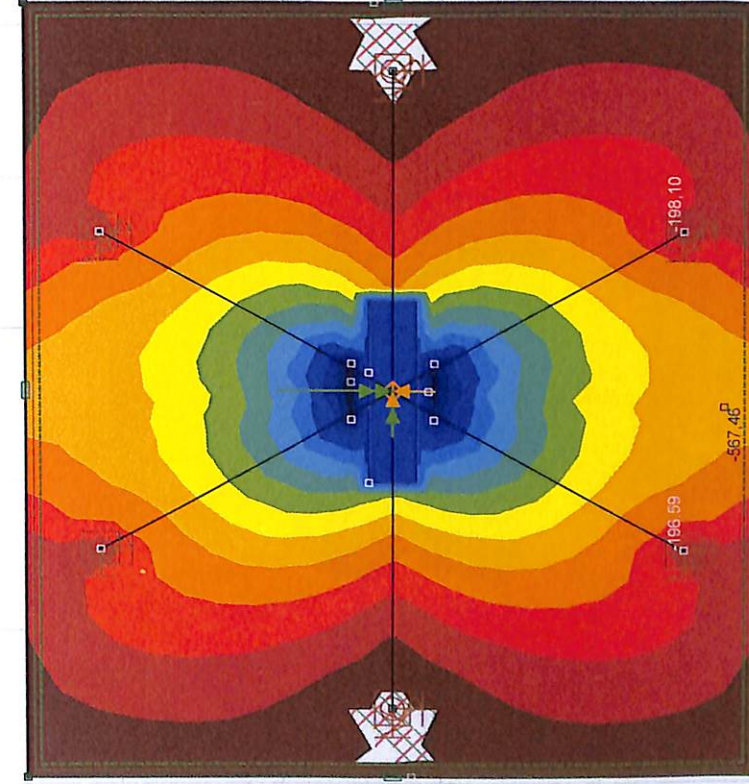
Tervező: Tarr Noémi

Modell: Szakdolgozat_fejtombb.axs M = 1 : 50

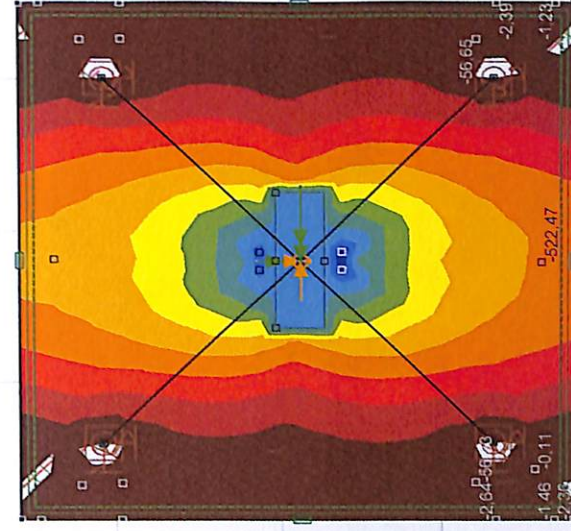
2018. 12. 20. 6. oldal

Oktatási változat

Nemlineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	: ST1 [1] (1,000)
E (U)	: 1,14E-4
E (P)	: 1,40E-4
E (W)	: 6,14E-9
E (ER)	: 7,87E-11
Komp.	: mxv- [kNm/m]



mxv- [kNm/m]	0
	-134,87
	-269,74
	-404,61
	-539,48
	-674,35
	-809,22
	-944,09
	-1078,96
	-1213,83
	-1348,69
	-1483,56
	-1618,43
	-1753,30
	-1888,17



Oktatási változat (Tarr Noémi)

AxisVM X4 R3j HALLGATÓI VÁLTOZAT - Jogosult felhasználó: Tarr Noémi

Munka:

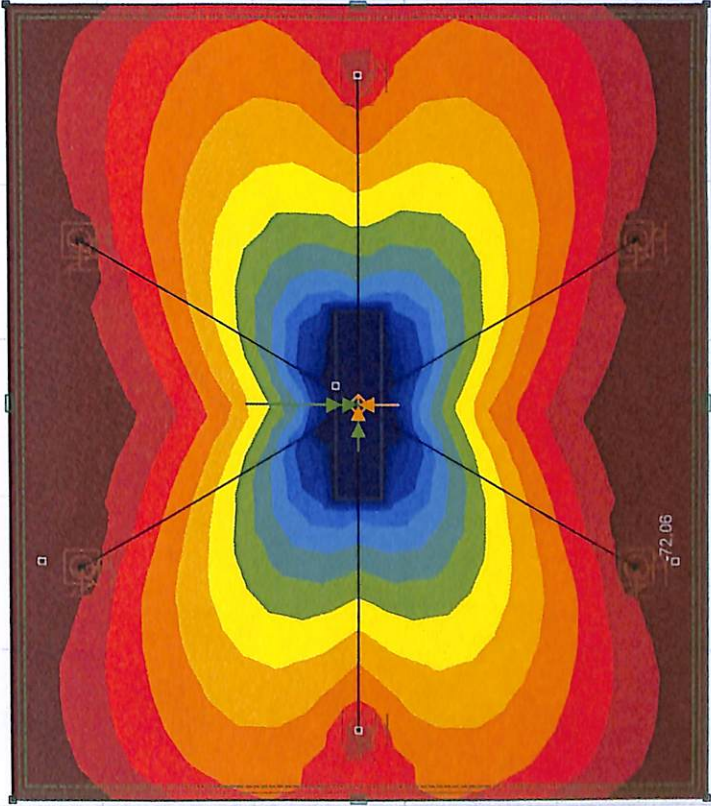
Tervező: Tarr Noémi

Modell: Szakdolgozat_fejtomb.avs M = 1 : 50

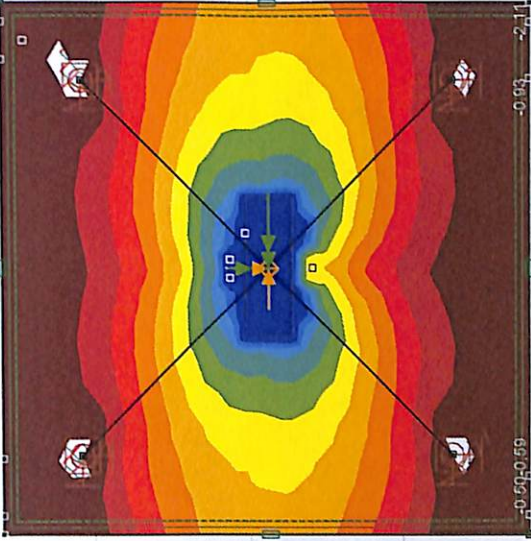
2018. 12. 20. 7. oldal

Oktatási változat

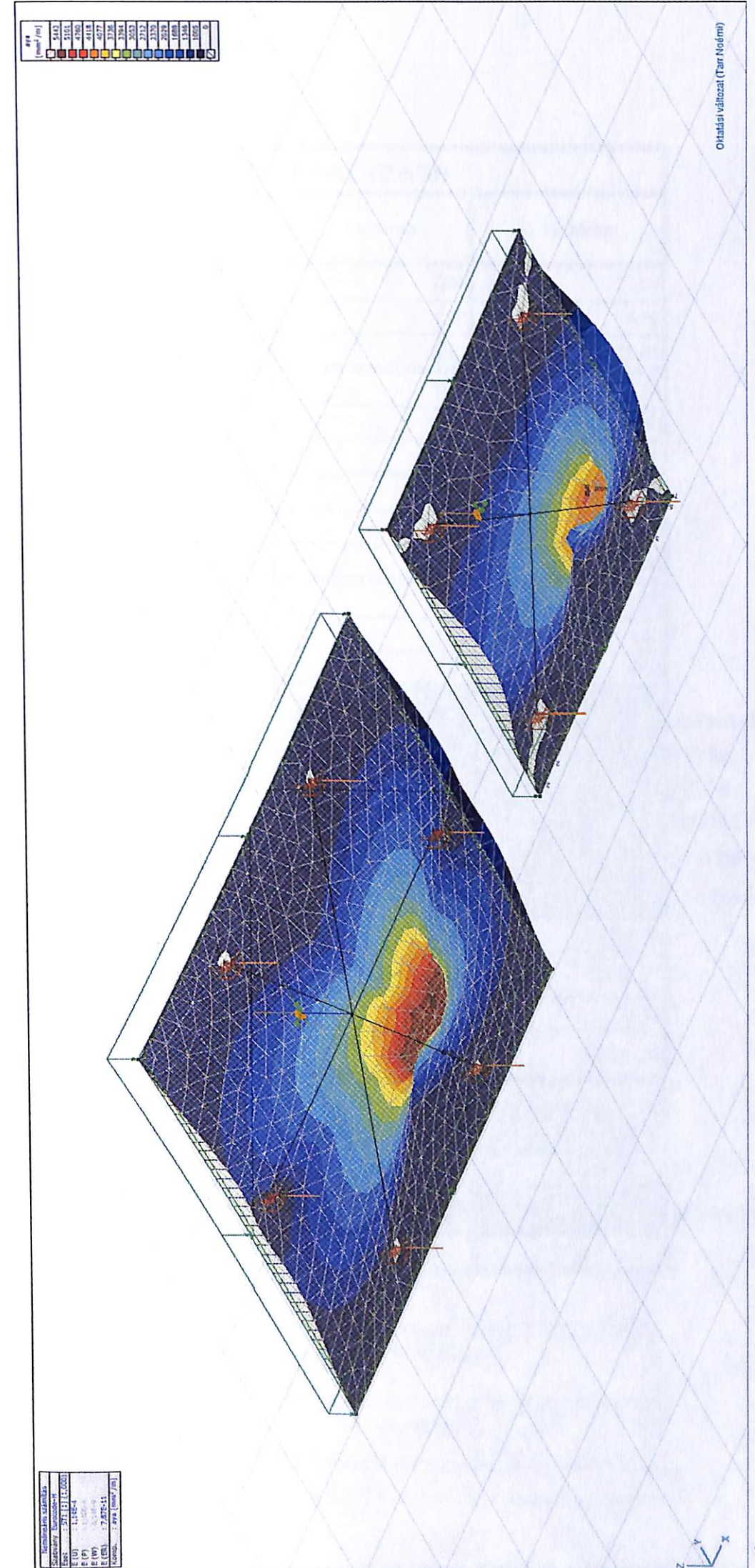
Nemlineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	: ST1 [1] (1.000)
E (U)	: 1,14E-4
E (P)	: 1,40E-4
E (W)	: 6,14E-9
E (ER)	: 7,87E-11
Komp.	: myV- [kNm/m]



myV- [kNm/m]
0
-113.99
-227.98
-341.97
-455.96
-569.95
-683.94
-797.94
-911.93
-1025.92
-1139.91
-1253.90
-1367.89
-1481.88
-1595.87



Oktatási változat (Tarr Noémi)



21-M Talajtörés ellenőrzése

Talajtörés ellenőrzése			
		I. Fejtömb	II. Fejtömb
Teherbírási tényezők	N_q	7,07	7,07
	N_v	4,66	4,66
	N_c	15,81	15,81
Alaki tényezők	s_q	1,32	1,36
	s_v	0,73	0,70
	s_c	1,38	1,42
Erő ferdeségét figyelembe vevő tényezők	i_q	1,00	1,00
	i_v	1,00	1,00
	i_c	1,00	1,00
Alapfelület hajlását figyelembe vevő tényezők	b_q	1,00	1,00
	b_v	1,00	1,00
	b_c	1,00	1,00
Hatékony feszültség az alapsík szintjén:	q' [kN/m ²]	329,82	402,09
Belső súrlódási szög:	φ [°]	21,00	21,00
Kohézió:	c' [kN/m ²]	80,00	80,00
Hatékony térfogsúly	γ' [kN/m ³]	11,00	11,00
Alaptest kisebbik mérete:	B' [m]	5,15	4,01
Alaptest hosszabbik mérete:	L' [m]	5,71	4,01
Törőfeszültség:	σ_t [kN/m ²]	4923,64	5727,19
Talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:	R_k [kN]	144787,06	92093,77
Parciális tényező:	γ_t	1,40	1,40
Talajtörési ellenállás tervezési értéke:	R_d [kN]	103419,33	65781,26
Talajtörési ellenállás tervezési értéke négyzetméterenként	[kN/m ²]	3 516,89	4 090,85
Átlagos talpfeszültség:	p [kN/m ²]	454,1778178	555,3541334
Törést okozó erő tervezési értéke:	F_{Ed} [kN]=	13355,78	8930,15
Biztonság:	α	7,74	7,37

számított

agyag

agyag

talajvíz alatti agyag

5° növekmény 7m-en

5° növekmény 7m-en

számított

$$F_{EdI} \text{ [kN]} =$$

$$7039 + (5,71 \cdot 5,15) \cdot (2,5 \cdot 1,5 + 24 \cdot 0,8 \cdot 1,35 + 19 \cdot 1,78 \cdot 1,35 + 21 \cdot 4,9 \cdot 2 \cdot 1,35) = 13355,78$$

$$F_{EdII} \text{ [kN]} =$$

$$5476 + (4,01 \cdot 4,01) \cdot (2,5 \cdot 1,5 + 24 \cdot 0,8 \cdot 1,35 + 19 \cdot 1,78 \cdot 1,35 + 21 \cdot 4,9 \cdot 2 \cdot 1,35) = 8930,15$$

$$q'_{I} \text{ [kN/m}^2\text{]} =$$

$$(7039/1,4) / (5,71 \cdot 5,15) + 2,5 + 24 \cdot 0,8 + 19 \cdot 1,78 + 21 \cdot 4,92 = 329,82$$

$$q'_{II} \text{ [kN/m}^2\text{]} =$$

$$(5476/1,4) / (4,01 \cdot 4,01) + 2,5 + 24 \cdot 0,8 + 19 \cdot 1,78 + 21 \cdot 4,92 = 402,09$$

22-M CFA cölöpök teherbírásának számítása CPT szondák adatai alapján

		1	2	3
Cölöpcsúcs mélysége:		h [m]		
Dolgozó palást magasság szemcsés:		Δh [m]		
Dolgozó palást magasság kötött:		Δh [m]		
Átlagos szemcsés palástmenti csúcscellenállás:		q _{c; á} x 1000	10725	13957
Átlagos kötött palástmenti csúcscellenállás:		q _{c; á} x 1000	6469	5732
Technológiai tényező (kötött):		μ _{sg}	1	1
Technológiai tényező (szemcsés):		α _{sg}	0,55	0
Fajlagos palástsurlódás szemcsés:		q _{fs; cal} [kN/m ²]	64,10	0,00
Fajlagos palástsurlódás kötött:		q _{fs; cal} [kN/m ²]	86,15	0,00
Kerület:		K [m]	2,20	2,20
Palástellenállás számított értéke:		R _{s; cal} [kN]	1154,84	0,00
Számított cölöpteherbírás:		R _{c; cal} [kN]	2193,90	0,00
Modell cölöp:			1	2
Csúcscellenállás számított értéke:		R _{b; cal} [kN]	1039,05	0,00
Palástellenállás számított értéke:		R _{s; cal} [kN]	1154,84	0,00
Számított cölöpteherbírás:		R _{c; cal} [kN]	2193,90	0,00
Átlagos korrelációs tényező:		ξ _{mean}	1,35	
Minimális korrelációs tényező:		ξ _{min}	1,27	
Átlagos teherbírás:		(R _{c; m}) _{mean} [kN]	2234,89	
Minimális teherbírás:		(R _{c; m}) _{min} [kN]	2193,90	
Karakterisztikus teherbírás:		R _{c; k} [kN]	1655,48	
Parc. Tényező:		γ _{telepítéses állapot}	1,35	
Egyedi Cölöp Teherbírása:		R _{c; d} [kN]	1226,28	

	Cölöptíj	Cölöpszár
D [mm]	700	700
0,7*D [mm]	490	490
4*D [mm]	2800	2800
8*D [mm]	5600	5600
tervezési ±0,00 [mBf]	108,28	
Cölöpcsúcs szint [mBf]	97,28	
Lavírsík [mBf]	105,28	
Munkagödör alsók síkja [mBf]	103,78	

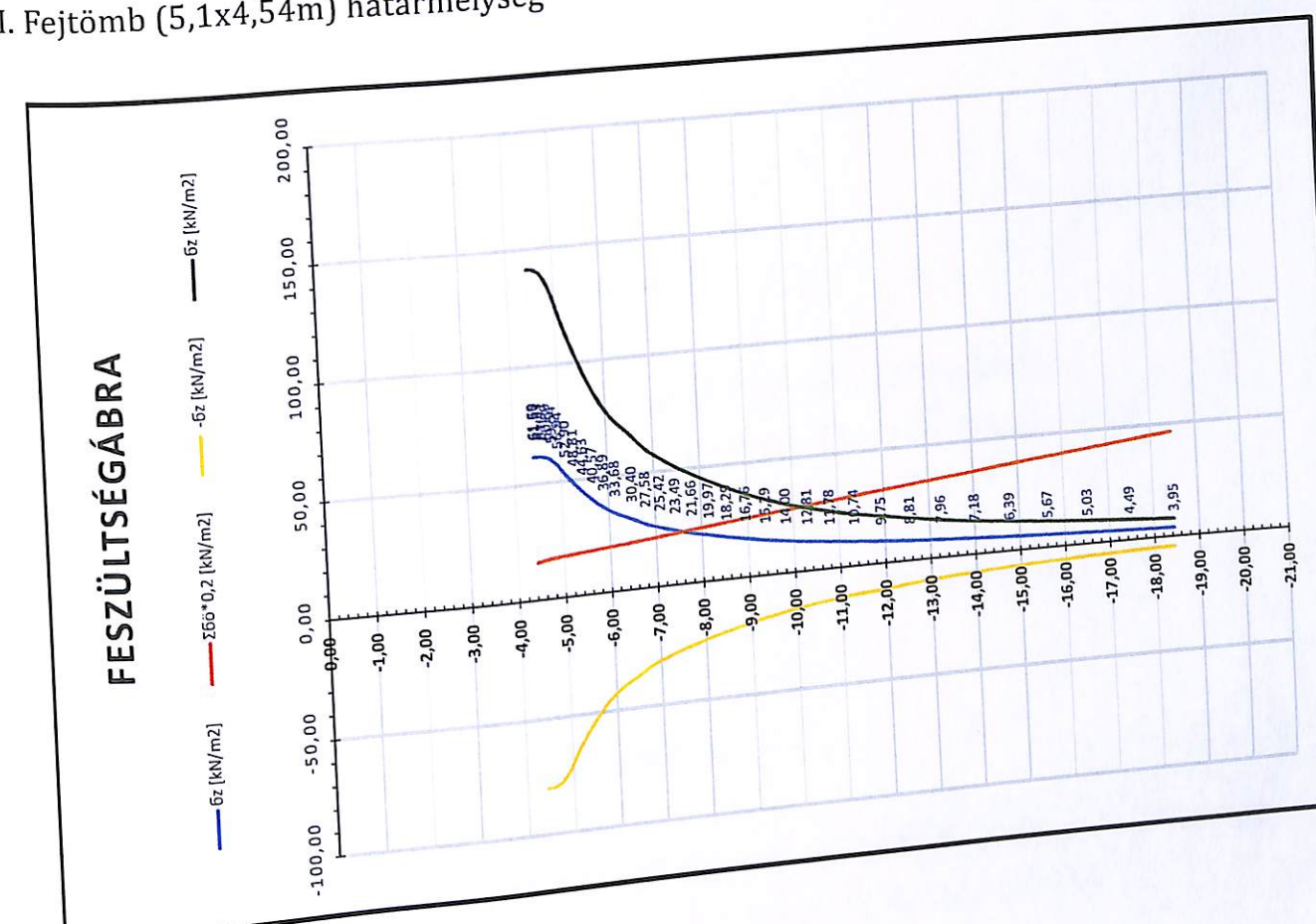
	1	2	3
Tsz. magasságok [mBf]	108,62	108,65	108,53
Helyi magasságok [mRel]	0,34	0,37	0,25
Felső sík (8*D)	5,74	5,77	5,65
Cölöpcsúcs mélysége [m]	11,34	11,37	11,25
Felső sík (0,7*D)	11,83	11,86	11,74
Alsó sík (4*D)	14,14	14,17	14,05
q _{cal} [N/mm ²]	7,11	0,00	8,04
q _{ent} [N/mm ²]	8,17	0,00	7,76
q _{crit} [N/mm ²]	2,00	0,00	2,00
λ _b	0,70	0,00	0,70
α _b	0,80	0,00	0,80
q _{b; cal} [N/mm ²]	2,70	0,00	2,77
A _b [mm ²]	384845	384845	384845
Cölöp csúcscellenállás R _{b; cal} [kN]	1039,05	0,00	1067,13

23-M Fejtömbök alatti süllyedés számítás

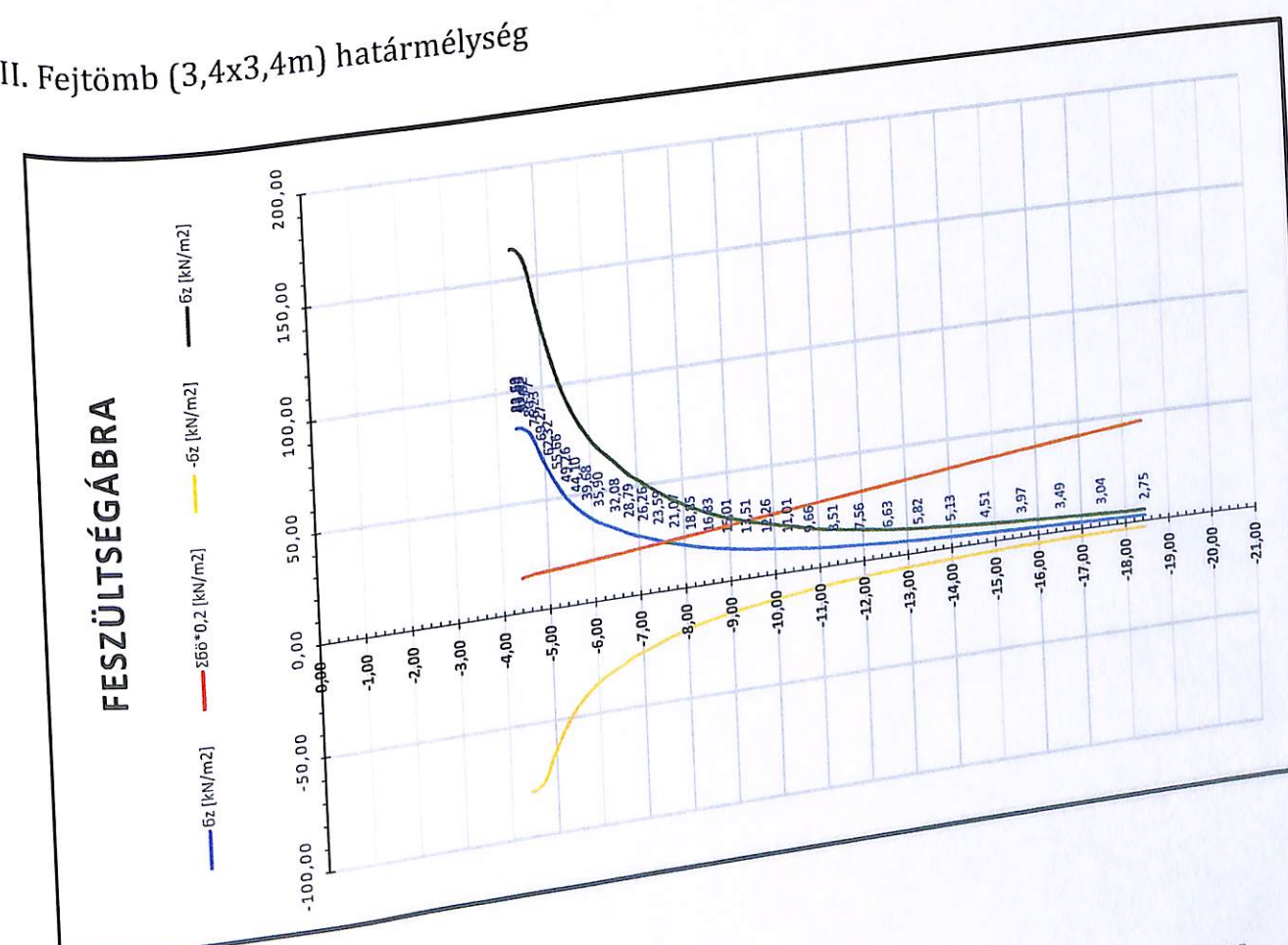
Budapest Sobieski János utca 32. Fejtömb 5,10 m x 4,54 m, C _a =21500 kN/m ² /m																					
Adatok					Alapozási sík alatti feszültségek										Pincetömb előterhelése		Tényleges feszültség	Süllyedés			
Talajtípus	Mélység [m]	Réteg teteje	Réteg alja	Réteg vastagság	v [kN/m ³]	Σσ _s [kN/m ²]	Σσ _s ·0,2 [kN/m ³]	Z [m]	B [m]	L [m]	Z/B	<Z/B	>Z/B	U/B	σ _z /p	P _{all} [kN/m ²]	σ _z [kN/m ²]	σ _z [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	S [mm]	
homok Feltöltés (sa/Mg)	-2,1	0	-2,1	2,1	17,00	35,7	7,14	0										-79,78	61,60	-	
Homok (Sa)	-4,42	-2,10	-4,42	2,32	19,00	79,78	15,96	0,00	4,54	5,10	0,00	0,00	0,00	1,1233	1,0000	141,38	141,38	-	-	-	
	-4,43	-4,42	-4,43	0,01	19,00	79,97	15,99	0,00	4,54	5,10	0,00	0,00	0,01	1,1233	0,9999	141,38	141,37	-79,77	61,59	0,03	
	-4,46	-4,43	-4,46	0,03	19,00	80,54	16,11	-0,03	4,54	5,10	0,01	0,00	0,01	1,1233	0,9995	141,38	141,31	-79,74	61,57	0,09	
	-4,51	-4,46	-4,51	0,05	19,00	81,49	16,30	-0,06	4,54	5,10	0,01	0,01	0,02	1,1233	0,9988	141,38	141,22	-79,68	61,53	0,15	
	-4,58	-4,51	-4,58	0,07	19,00	82,82	16,56	-0,13	4,54	5,10	0,03	0,02	0,03	1,1233	0,9960	141,38	140,82	-79,41	61,41	0,21	
	-4,70	-4,58	-4,70	0,12	19,00	85,10	17,02	-0,22	4,54	5,10	0,05	0,04	0,05	1,1233	0,9848	141,38	139,23	-78,34	60,89	0,37	
	-4,81	-4,70	-4,81	0,11	19,00	86,09	17,22	-0,34	4,54	5,10	0,07	0,07	0,08	1,1233	0,9602	141,38	135,75	-76,21	59,54	0,33	
	-4,94	-4,81	-4,94	0,13	19,00	87,26	17,45	-0,46	4,54	5,10	0,10	0,10	0,11	1,1233	0,9153	141,38	129,41	-72,47	56,94	0,37	
	-5,09	-4,94	-5,09	0,15	19,00	88,61	17,72	-0,60	4,54	5,10	0,13	0,13	0,14	1,1233	0,8452	141,38	119,50	-66,60	52,90	0,40	
	-5,26	-5,09	-5,26	0,17	19,00	90,14	18,03	-0,76	4,54	5,10	0,17	0,16	0,17	1,1233	0,7753	141,38	109,61	-60,80	48,81	0,41	
	-5,45	-5,26	-5,45	0,19	19,00	91,85	18,37	-0,94	4,54	5,10	0,21	0,20	0,21	1,1233	0,7065	141,38	99,89	-55,26	44,63	0,42	
	-5,66	-5,45	-5,66	0,21	19,00	93,74	18,75	-1,14	4,54	5,10	0,25	0,25	0,26	1,1233	0,6383	141,38	90,24	-49,67	40,57	0,43	
	-5,89	-5,66	-5,89	0,23	19,00	95,81	19,16	-1,36	4,54	5,10	0,30	0,29	0,30	1,1233	0,5781	141,38	81,73	-44,84	36,89	0,42	
	-6,14	-5,89	-6,14	0,25	19,00	98,06	19,61	-1,60	4,54	5,10	0,35	0,35	0,36	1,1233	0,5272	141,38	74,54	-40,85	33,68	0,42	
Homok (Sa)	-6,50	-6,14	-6,50	0,36	19,00	101,30	20,26	-1,90	4,54	5,10	0,42	0,41	0,42	1,1233	0,4752	141,38	67,18	-36,79	30,40	20,00	0,55
	-6,79	-6,50	-6,79	0,29	21,00	104,49	20,90	-2,23	4,54	5,10	0,49	0,49	0,50	1,1233	0,4304	141,38	60,85	-33,26	27,58	12,00	0,67
	-7,10	-6,79	-7,10	0,31	21,00	107,90	21,58	-2,53	4,54	5,10	0,56	0,55	0,56	1,1233	0,3970	141,38	56,13	-30,71	25,42	12,00	0,66
	-7,43	-7,10	-7,43	0,33	21,00	111,53	22,31	-2,85	4,54	5,10	0,63	0,62	0,63	1,1233	0,3665	141,38	51,82	-28,33	23,49	12,00	0,65
	-7,78	-7,43	-7,78	0,35	21,00	115,38	23,08	-3,19	4,54	5,10	0,70	0,70	0,71	1,1233	0,3381	141,38	47,80	-26,14	21,66	12,00	-
	-8,15	-7,78	-8,15	0,37	21,00	119,45	23,89	-3,55	4,54	5,10	0,78	0,78	0,79	1,1233	0,3108	141,38	43,94	-23,97	19,97	12,00	-
	-8,54	-8,15	-8,54	0,39	21,00	123,74	24,75	-3,93	4,54	5,10	0,86	0,86	0,87	1,1233	0,2837	141,38	40,11	-21,82	18,29	12,00	-
	-8,95	-8,54	-8,95	0,41	21,00	128,25	25,65	-4,33	4,54	5,10	0,95	0,95	0,96	1,1233	0,2583	141,38	36,52	-19,75	16,76	12,00	-
	-9,38	-8,95	-9,38	0,43	21,00	132,98	26,60	-4,75	4,54	5,10	1,05	1,04	1,05	1,1233	0,2351	141,38	33,23	-17,95	15,29	12,00	-
	-9,83	-9,38	-9,83	0,45	21,00	137,93	27,59	-5,19	4,54	5,10	1,14	1,14	1,15	1,1233	0,2141	141,38	30,27	-16,27	14,00	12,00	-
	-10,30	-9,83	-10,30	0,47	21,00	143,10	28,62	-5,65	4,54	5,10	1,24	1,24	1,25	1,1233	0,1946	141,38	27,51	-14,70	12,81	12,00	-
	-10,79	-10,30	-10,79	0,49	21,00	148,49	29,70	-6,13	4,54	5,10	1,35	1,34	1,35	1,1233	0,1783	141,38	25,21	-13,43	11,78	12,00	-
	-11,33	-10,79	-11,33	0,54	21,00	154,43	30,89	-6,64	4,54	5,10	1,46	1,46	1,47	1,1233	0,1619	141,38	22,88	-12,14	10,74	12,00	-
	-11,92	-11,33	-11,92	0,59	21,00	160,92	32,18	-7,21	4,54	5,10	1,59	1,59	1,60	1,1233	0,1480	141,38	20,93	-11,18	9,75	12,00	-
Agyag (Cl)	-12,56	-11,92	-12,56	0,64	21,00	167,96	33,59	-7,82	4,54	5,10	1,72	1,70	1,80	1,1233	0,1325	141,38	18,74	-9,93	8,81	12,00	-
	-13,25	-12,56	-13,25	0,69	21,00	175,55	35,11	-8,49	4,54	5,10	1,87	1,80	1,90	1,1233	0,1178	141,38	16,66	-8,70	7,96	12,00	-
	-13,99	-13,25	-13,99	0,74	21,00	183,69	36,74	-9,20	4,54	5,10	2,03	2,00	2,10	1,1233	0,1052	141,38	14,88	-7,69	7,18	12,00	-
	-14,78	-13,99	-14,78	0,79	21,00	192,38	38,48	-9,97	4,54	5,10	2,19	2,19	2,20	1,1233	0,0933	141,38	13,19	-6,80	6,39	12,00	-
	-15,62	-14,78	-15,62	0,84	21,00	201,62	40,32	-10,78	4,54	5,10	2,37	2,30	2,40	1,1233	0,0827	141,38	11,70	-6,02	5,67	12,00	-
	-16,51	-15,62	-16,51	0,89	21,00	211,41	42,28	-11,65	4,54	5,10	2,56	2,50	2,60	1,1233	0,0733	141,38	10,37	-5,33	5,03	12,00	-
	-17,45	-16,51	-17,45	0,94	21,00	221,75	44,35	-12,56	4,54	5,10	2,77	2,70	2,80	1,1233	0,0653	141,38	9,23	-4,74	4,49	12,00	-
	-18,44	-17,45	-18,44	0,99	21,00	232,64	46,53	-13,53	4,54	5,10	2,98	2,90	3,00	1,1233	0,0575	141,38	8,13	-4,17	3,95	12,00	-
	Süllyedés																		Σs: 6,58		

Budapest Sobieski János utca 32. Fejtőmb 3,40 m x 3,40 m, C _a =22100 kN/m ² /m													
Adatok													
Talajtípus	Mélység [m]	Réteg teteje	Réteg alja	Réteg vastagság	γ [kN/m ³]	ΣE ₀ [kN/m ²]	ΣE _{0+0.2} [kN/m ²]	Z [m]	B [m]	L [m]	Z/B	L/B	γ _{z/p}
Homok Feltöltés (saMg)	-2,1	0	-2,1	2,1	17,00	35,7	7,14	1,14	0,00	3,40	0,00	0,00	1,0000
Homok (Sa)	-4,42	-2,10	-4,42	2,32	19,00	79,78	15,95	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00	0,9999
	-4,43	-4,42	-4,43	0,01	19,00	79,97	15,99	0,00	3,40	3,40	0,00	0,01	1,0000
	-4,46	-4,43	-4,46	0,03	19,00	80,54	16,11	-0,03	3,40	3,40	0,01	0,00	0,9994
	-4,51	-4,46	-4,51	0,05	19,00	81,49	16,30	-0,06	3,40	3,40	0,02	0,01	0,9984
	-4,58	-4,51	-4,58	0,07	19,00	82,82	16,58	-0,13	3,40	3,40	0,04	0,03	0,9977
	-4,70	-4,58	-4,70	0,12	19,00	85,10	17,02	-0,22	3,40	3,40	0,06	0,06	0,9962
	-4,81	-4,70	-4,81	0,11	19,00	86,09	17,22	-0,34	3,40	3,40	0,10	0,09	0,9918
	-4,94	-4,81	-4,94	0,13	19,00	87,26	17,45	-0,46	3,40	3,40	0,13	0,14	0,9866
	-5,09	-4,94	-5,09	0,15	19,00	88,61	17,72	-0,60	3,40	3,40	0,18	0,17	0,9800
	-5,26	-5,09	-5,26	0,17	19,00	90,14	18,03	-0,76	3,40	3,40	0,22	0,22	0,9723
	-5,45	-5,26	-5,45	0,19	19,00	91,85	18,37	-0,94	3,40	3,40	0,28	0,27	0,9638
	-5,66	-5,45	-5,66	0,21	19,00	93,74	18,75	-1,14	3,40	3,40	0,33	0,34	0,9545
	-5,89	-5,66	-5,89	0,23	19,00	95,81	19,16	-1,36	3,40	3,40	0,40	0,40	0,9440
	-6,14	-5,89	-6,14	0,25	19,00	98,06	19,61	-1,60	3,40	3,40	0,47	0,46	0,9323
	-6,50	-6,14	-6,50	0,36	19,00	101,30	20,26	-1,90	3,40	3,40	0,56	0,55	0,9195
	-6,79	-6,50	-6,79	0,29	21,00	104,49	20,90	-2,23	3,40	3,40	0,65	0,65	0,9058
	-7,10	-6,79	-7,10	0,31	21,00	107,90	21,58	-2,53	3,40	3,40	0,74	0,74	0,8912
	-7,43	-7,10	-7,43	0,33	21,00	110,53	22,31	-2,85	3,40	3,40	0,84	0,83	0,8758
	-7,78	-7,43	-7,78	0,35	21,00	115,38	23,08	-3,19	3,40	3,40	0,94	0,93	0,8604
	-8,15	-7,78	-8,15	0,37	21,00	119,45	23,89	-3,55	3,40	3,40	1,04	1,04	0,8442
	-8,54	-8,15	-8,54	0,39	21,00	123,74	24,75	-3,93	3,40	3,40	1,15	1,15	0,8273
	-8,95	-8,54	-8,95	0,41	21,00	128,25	25,65	-4,33	3,40	3,40	1,27	1,27	0,8100
	-9,38	-8,95	-9,38	0,43	21,00	132,98	26,60	-4,75	3,40	3,40	1,40	1,39	0,7923
	-9,83	-9,38	-9,83	0,45	21,00	137,93	27,59	-5,19	3,40	3,40	1,53	1,50	0,7745
	-10,30	-9,83	-10,30	0,47	21,00	143,10	28,62	-5,65	3,40	3,40	1,66	1,60	0,7558
	-10,79	-10,30	-10,79	0,49	21,00	148,49	29,70	-6,13	3,40	3,40	1,80	1,78	0,7362
	-11,29	-10,79	-11,29	0,54	21,00	154,33	30,89	-6,64	3,40	3,40	1,95	1,90	0,7158
	-11,82	-11,29	-11,82	0,59	21,00	160,92	32,18	-7,21	3,40	3,40	2,10	2,00	0,6945
	-12,36	-11,82	-12,36	0,64	21,00	167,96	33,59	-7,82	3,40	3,40	2,26	2,10	0,6723
	-12,92	-12,36	-12,92	0,69	21,00	175,55	35,11	-8,49	3,40	3,40	2,40	2,30	0,6495
	-13,49	-12,92	-13,49	0,74	21,00	183,69	36,74	-9,20	3,40	3,40	2,50	2,40	0,6258
	-14,08	-13,49	-14,08	0,79	21,00	192,38	38,46	-9,97	3,40	3,40	2,71	2,70	0,6012
	-14,78	-14,08	-14,78	0,84	21,00	201,62	40,32	-10,78	3,40	3,40	3,17	3,10	0,5758
	-15,62	-14,78	-15,62	0,89	21,00	211,47	42,28	-11,65	3,40	3,40	3,60	3,60	0,5495
	-16,51	-15,62	-16,51	0,94	21,00	221,75	44,35	-12,56	3,40	3,40	3,69	3,60	0,5238
	-17,45	-16,51	-17,45	0,99	21,00	232,64	46,53	-13,53	3,40	3,40	3,98	3,90	0,4978
	-18,44	-17,45	-18,44	0,99	21,00	244,18	48,88	-14,63	3,40	3,40	4,27	4,10	0,4712
	-19,48	-18,44	-19,48	0,99	21,00	256,46	51,39	-15,86	3,40	3,40	4,56	4,30	0,4442
	-20,56	-19,48	-20,56	0,99	21,00	269,48	54,05	-17,23	3,40	3,40	4,84	4,50	0,4168
	-21,68	-20,56	-21,68	0,99	21,00	283,26	56,86	-18,74	3,40	3,40	5,11	4,70	0,3892
	-22,84	-21,68	-22,84	0,99	21,00	297,80	59,81	-20,39	3,40	3,40	5,37	4,90	0,3612
	-24,04	-22,84	-24,04	0,99	21,00	313,10	62,91	-22,18	3,40	3,40	5,62	5,10	0,3328
	-25,28	-24,04	-25,28	0,99	21,00	329,16	66,16	-24,11	3,40	3,40	5,86	5,30	0,3042
	-26,56	-25,28	-26,56	0,99	21,00	345,98	69,66	-26,18	3,40	3,40	6,09	5,50	0,2752
	-27,88	-26,56	-27,88	0,99	21,00	363,56	73,41	-28,39	3,40	3,40	6,31	5,70	0,2458
	-29,24	-27,88	-29,24	0,99	21,00	381,90	77,40	-30,74	3,40	3,40	6,52	5,90	0,2162
	-30,64	-29,24	-30,64	0,99	21,00	401,00	81,64	-33,23	3,40	3,40	6,72	6,10	0,1865
	-32,08	-30,64	-32,08	0,99	21,00	420,84	86,14	-35,86	3,40	3,40	6,91	6,30	0,1568
	-33,56	-32,08	-33,56	0,99	21,00	441,42	90,89	-38,63	3,40	3,40	7,09	6,50	0,1270
	-35,08	-33,56	-35,08	0,99	21,00	462,74	95,89	-41,54	3,40	3,40	7,26	6,70	0,0972
	-36,64	-35,08	-36,64	0,99	21,00	484,80	101,14	-44,59	3,40	3,40	7,42	6,90	0,0675
	-38,24	-36,64	-38,24	0,99	21,00	507,60	106,64	-47,78	3,40	3,40	7,57	7,10	0,0378
	-39,88	-38,24	-39,88	0,99	21,00	531,14	112,39	-51,11	3,40	3,40	7,71	7,30	0,0082
	-41,56	-39,88	-41,56	0,99	21,00	555,42	118,39	-54,59	3,40	3,40	7,84	7,50	-0,0215
	-43,28	-41,56	-43,28	0,99	21,00	580,44	124,64	-58,22	3,40	3,40	7,96	7,70	-0,0518
	-45,04	-43,28	-45,04	0,99	21,00	606,18	131,14	-62,00	3,40	3,40	8,07	7,90	-0,0820
	-46,84	-45,04	-46,84	0,99	21,00	632,62	137,89	-65,93	3,40	3,40	8,17	8,10	-0,1122
	-48,68	-46,84	-48,68	0,99	21,00	659,80	144,89	-70,01	3,40	3,40	8,26	8,30	-0,1425
	-50,56	-48,68	-50,56	0,99	21,00	687,72	152,14	-74,24	3,40	3,40	8,34	8,50	-0,1728
	-52,48	-50,56	-52,48	0,99	21,00	716,38	159,64	-78,61	3,40	3,40	8,41	8,70	-0,2032
	-54,44	-52,48	-54,44	0,99	21,00	745,78	167,39	-83,13	3,40	3,40	8,47	8,90	-0,2335
	-56,44	-54,44	-56,44	0,99	21,00	775,92	175,39	-87,79	3,40	3,40	8,52	9,10	-0,2638
	-58,48	-56,44	-58,48	0,99	21,00	806,80	183,64	-92,59	3,40	3,40	8,56	9,30	-0,2942
	-60,56	-58,48	-60,56	0,99	21,00	838,42	192,14	-97,53	3,40	3,40	8,59	9,50	-0,3245
	-62,68	-60,56	-62,68	0,99	21,00	870,78	200,89	-102,61	3,40	3,40	8,61	9,70	-0,3548
	-64,84	-62,68	-64,84	0,99	21,00	903,88	209,89	-107,84	3,40	3,40	8,63	9,90	-0,3852
	-67,04	-64,84	-67,04	0,99	21,00	937,62	219,14	-113,21	3,40	3,40	8,64	10,10	-0,4155
	-69,28	-67,04	-69,28	0,99	21,00	972,00	228,64	-118,73	3,40	3,40	8,64	10,30	-0,4458
	-71,56	-69,28	-71,56	0,99	21,00	1007,02	238,39	-124,39	3,40	3,40	8,63	10,50	-0,4762
	-73,88	-71,56	-73,88	0,99	21,00	1042,68	248,39	-130,19	3,40	3,40	8,61	10,70	-0,5065
	-76,24	-73,88	-76,24	0,99	21,00	1078,98	258,64	-136,13	3,40	3,40	8,58	10,90	-0,5368
	-78,64	-76,24	-78,64	0,99	21,00	1115,92	269,24	-142,21	3,40	3,40	8,54	11,10	-0,5672
	-81,08	-78,64	-81,08	0,99	21,00	1153,50	280,19	-148,43	3,40	3,40	8,49	11,30	-0,5975
	-83,56	-81,08	-83,56	0,99	21,00	1191,72	291,49	-154,79	3,40	3,40	8,43	11,50	-0,6278
	-86,08	-83,56	-86,08	0,99	21,00	1230,58	303,14	-161,29	3,40	3,40	8,36	11,70	-0,6582
	-88,64	-86,08	-88,64	0,99	21,00	1270,00	315,14	-167,93	3,40	3,40	8,28	11,90	-0,6885
	-91,24	-88,64	-91,24	0,99	21,00	1310,00	327,39	-174,71	3,40	3,40	8,19	12,10	-0,7188
	-93,88	-91,24	-93,88	0,99	21,00	1350,58	340,00	-181,63	3,40	3,40	8,09	12,30	-0,7492
	-96,56	-93,88	-96,56	0,99	21,00	1391,80	352,99	-188,79	3,40	3,40	7,98	12,50	-0,7795
	-99,28	-96,56	-99,28	0,99	21,00	1433,62	366,24	-196,19	3,40	3,40	7,86	12,70	-0,8098
	-102,04	-99,28	-102,04	0,99	21,00	1476,02	380,00	-203,83	3,40	3,40	7,73	12,90	-0,8402
	-104,84	-102,04	-104,84	0,99	21,00	1519,00	394,14	-211,71	3,40	3,40	7,59	13,10	-0,8705
	-107,68	-104,84	-107,68	0,99	21,00	1562,58	408,64	-220,03	3,40	3,40	7,44	13,30	-0,9008
	-110,56	-107,68	-110,56	0,99	21,00	1606,72	423,49	-228,79	3,40	3,40	7,28	13,50	-0,9312
	-113,48	-110,56	-113,48	0,99	21,00	1651,42	438,69	-237,99	3,40	3,40	7,11	13,70	-0,9615

I. Fejtőmb (5,1x4,54m) határmélység



II. Fejtőmb (3,4x3,4m) határmélység



24-M Cölöpcsoport süllyedés számítás (Jáky, síkalapnak tekintve)

I. Fejtömb

$$B=4,54\text{m} \rightarrow 5^\circ=61\text{cm} \rightarrow B'=5,15\text{m}$$

$$L=5,10\text{m} \rightarrow 5^\circ=61\text{cm} \rightarrow L'=5,71\text{m}$$

$$E_{\text{agyag}} = 12 \text{ MN/m}^2 \text{ (talajvizsgálati jelentésből)}$$

$$m_o = 2 \cdot B' \cdot (1 - (B' / (2 \cdot L'))) = 5,655\text{m}$$

$$p_I = \text{Mértékadó teher biztonsági szorzó nélkül} / (B' \cdot L') + \text{parkoló} \cdot \Psi_2 + \sum h_i \cdot \gamma_i =$$

$$p_I = (7039 / 1,4) / (5,15 \cdot 5,71) + 2,5 \cdot 0,6 + 0,8 \cdot 24 + 1,78 \cdot 19 + 6,32 \cdot 21 = 358,22 \text{ kN/m}^2$$

$$s_I = m_o \cdot (p_I / (2 \cdot E_s)) = 5,655 \cdot (358,22 / (2 \cdot 12000)) = 0,084\text{m}$$

II. Fejtömb

$$B=L=3,40\text{m} \rightarrow 5^\circ=61\text{cm} \rightarrow B'=4,01\text{m}$$

$$E_{\text{agyag}} = 12 \text{ MN/m}^2 \text{ (talajvizsgálati jelentésből)}$$

$$m_o = 2 \cdot B' \cdot (1 - (B' / (2 \cdot L'))) = B' = 4,01\text{m}$$

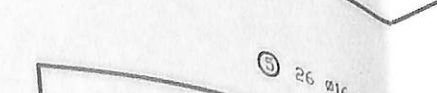
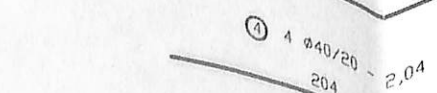
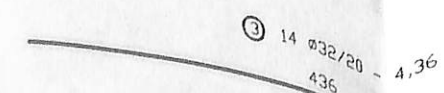
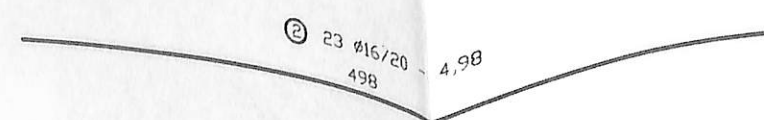
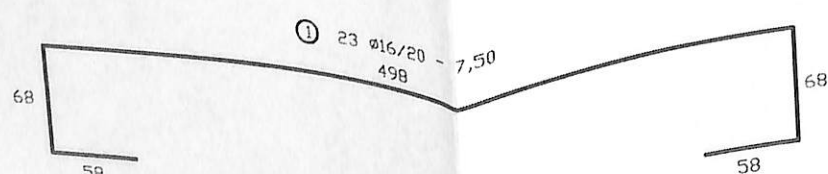
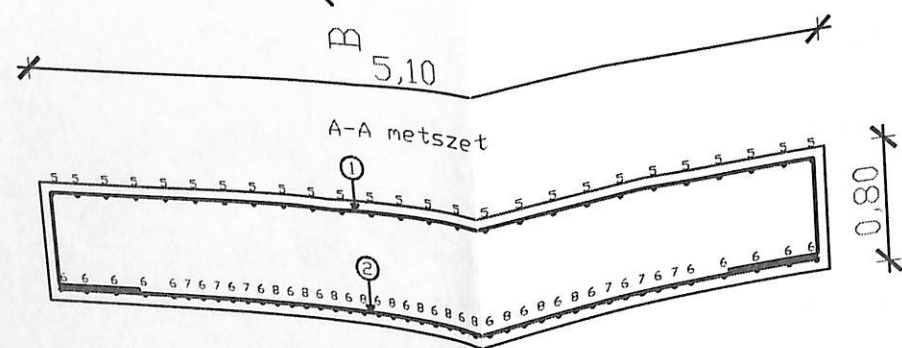
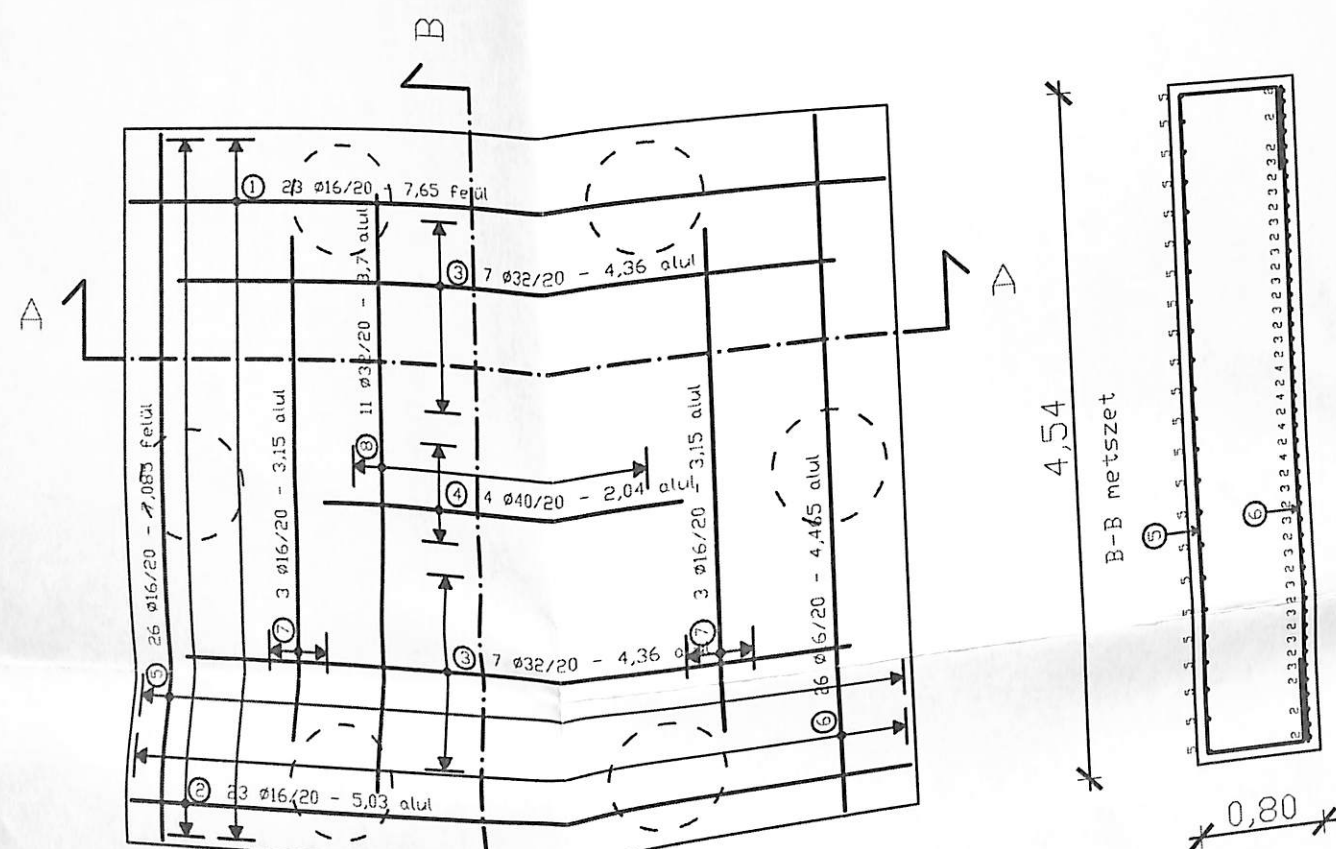
$$p_{II} = \text{Mértékadó teher biztonsági szorzó nélkül} / (B'^2) + \text{parkoló} \cdot \Psi_2 + \sum h_i \cdot \gamma_i =$$

$$p_{II} = (5476 / 1,4) / (4,01^2) + 2,5 \cdot 0,6 + 0,8 \cdot 24 + 1,78 \cdot 19 + 6,32 \cdot 21 = 430,49 \text{ kN/m}^2$$

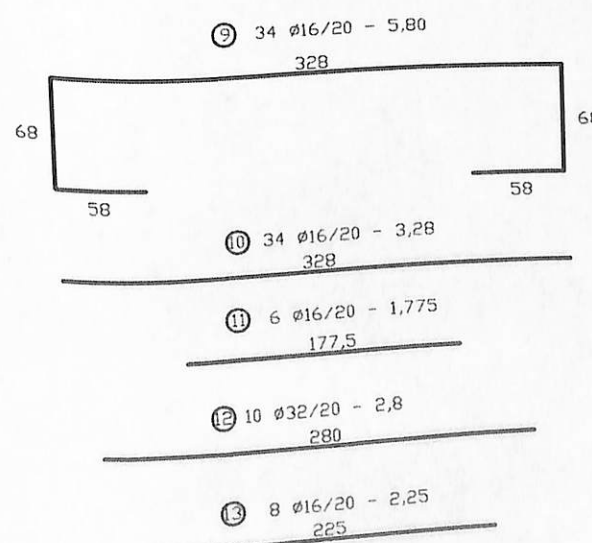
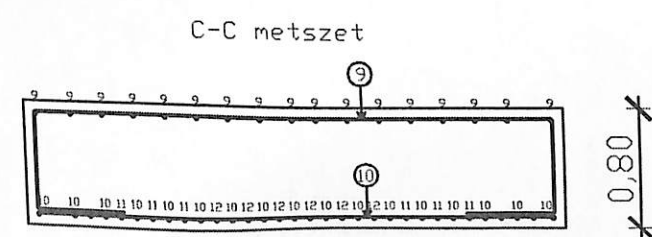
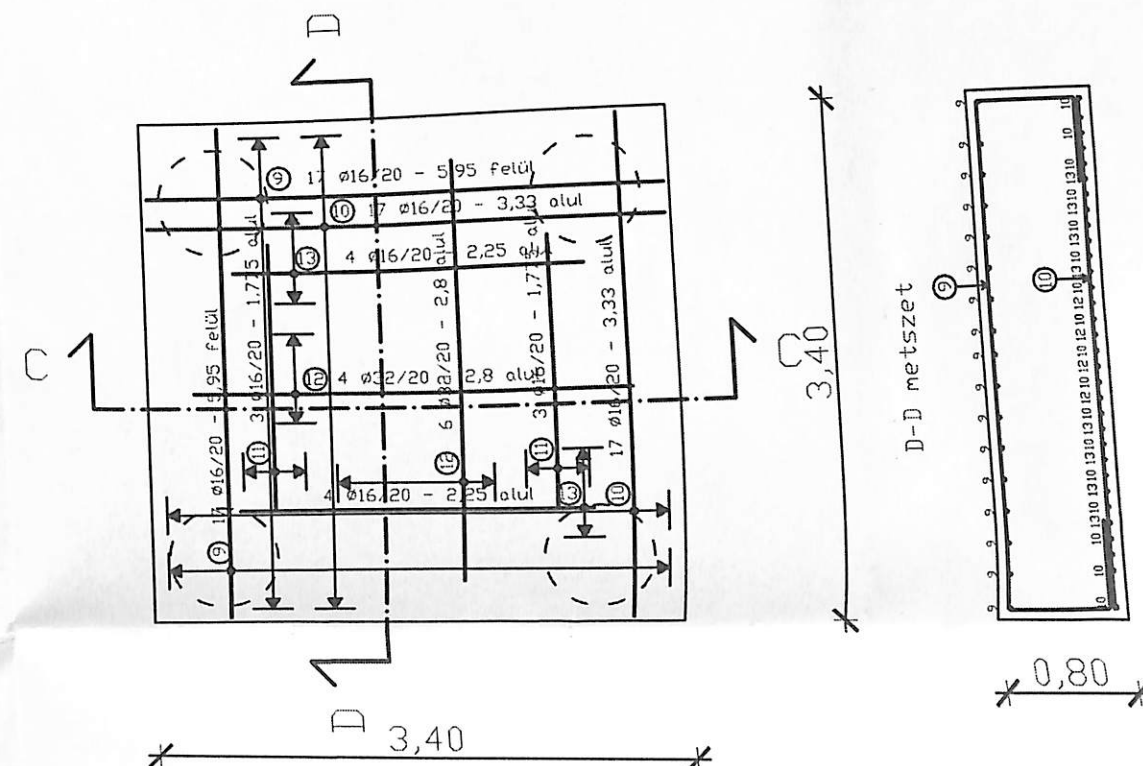
$$s_{II} = m_o \cdot (p_{II} / (2 \cdot E_s)) = 4,01 \cdot (430,49 / (2 \cdot 12000)) = 0,072\text{m}$$

Fejtömb kialakítás M=1:50

I. Fejtömb

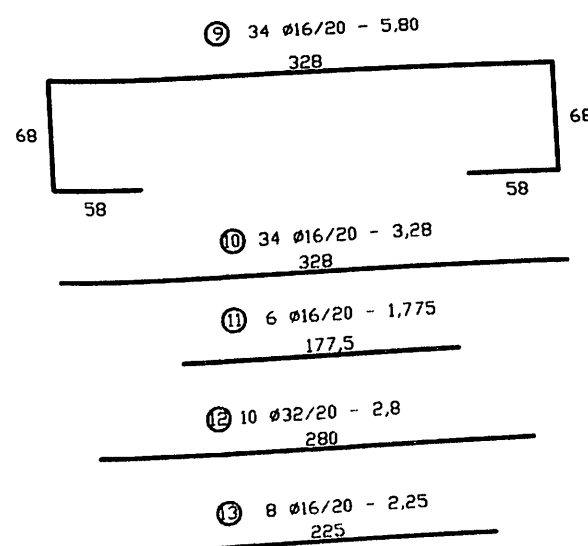
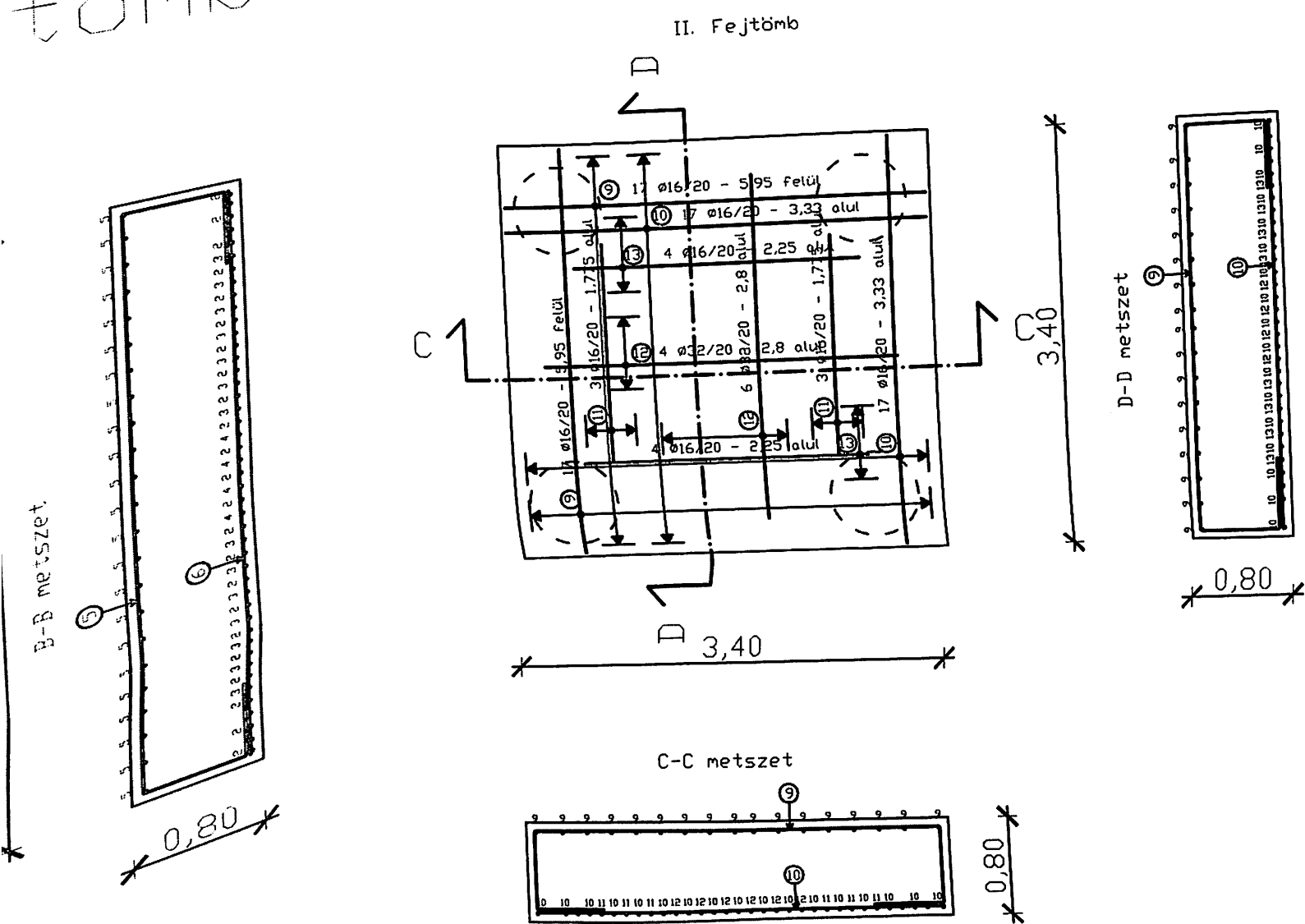


II. Fejtömb



Megjegyzés:
Minimális
Beton
Beton
Fejtömb
Beton
Betonf
A terv
A épít
épület
FT1 jel
FT2 jel
Talajvíz
A Talaj
vibrálá
A munk
alapme
kivitele
Jelen
tervek
Minden

tömb kialakítás M=1:50



I. Fejtömb betonacél igény

Jel	db	Φ	hossz	Φ16	Φ32	Φ40
1	23	16	7,5	172,5		
2	23	16	4,98	114,54		
3	14	32	4,36		61,04	
4	4	40	2,04			8,16
5	26	16	6,935	180,31		
6	26	16	4,415	114,79		
7	6	16	3,15	18,9		
8	11	32	3,7		40,7	
összes m				601,04	101,74	8,16
kg/m				1,58	6,31	9,85
kg				949,64	641,98	80,38
összes kg						1672,00

II. Fejtömb betonacél igény

Jel	db	Φ	hossz	Φ16	Φ32
9	34	16	5,8	197,2	
10	34	16	3,28	111,52	
11	6	16	1,775	10,65	
12	10	32	2,8		28
13	8	16	2,25	18	
összes m				337,37	28,00
kg/m				1,58	6,31
kg				533,04	176,68
összes kg					709,72

Megjegyzés:

Minimális betontakarás: $C_{nom} = 6 \text{ cm}$
 Betonacél minőség: B500
 Beton minőség: C30/37-XA2
 Fejtömbök anyagminősége: C30/37-XA1-XC2-XV2(H)-24-F4
 Betonacél: B500
 Betonfedés: 6,0cm
 A tervek együtt kezelendők a szakági tervekkel.
 A épészeti áttörések égleges helyét és méretét az épületgépész tervek alapján kell elkészíteni.

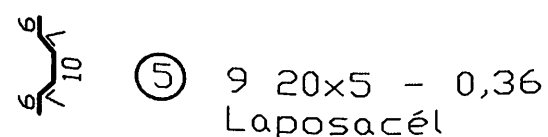
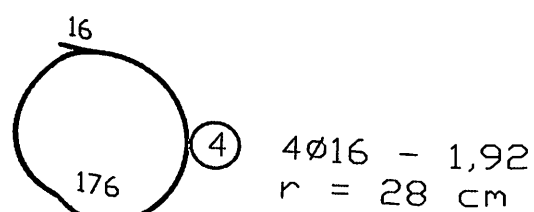
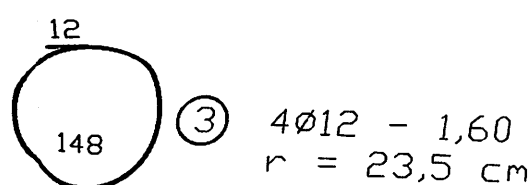
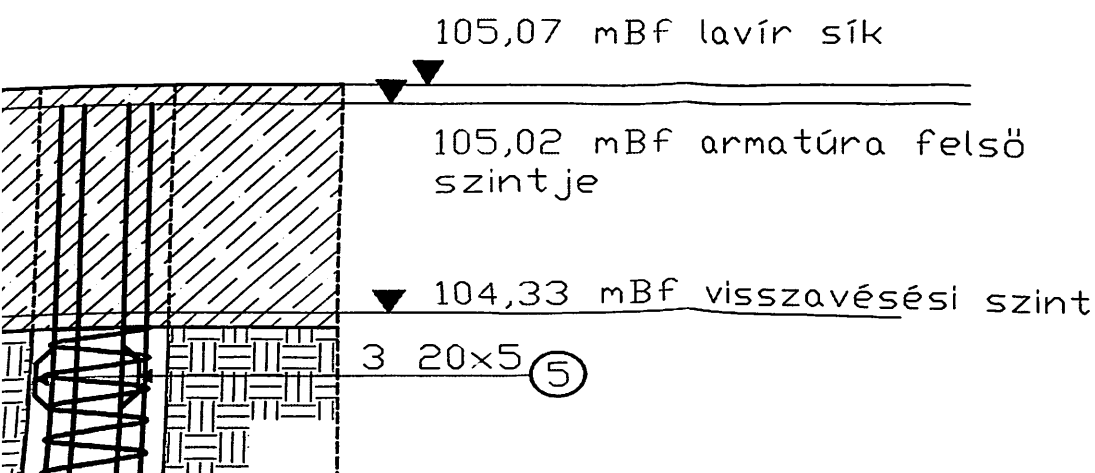
FT1 jelű fejtömbből 12 db
 FT2 jelű fejtömbből 3 db

Talajvízszint: 103,84 mBf és 103,99 mBf között várható.
 A Talajvíz közelsége miatt az ágyazás tömörítését vibrálás mentes tömörítéssel kell végezni.
 A munkatérrelhatárolást és a szomszédos épületek alapmegerősítését Jet-grouting technológiával kivitelezve a kivitelező saját tervei alapján.
 Jelen terv együtt kezelendő a szakági és a kapcsolódó tervekkel.

Minden méret a helyszínen ellenőrizendő.

met szet M= 1:25

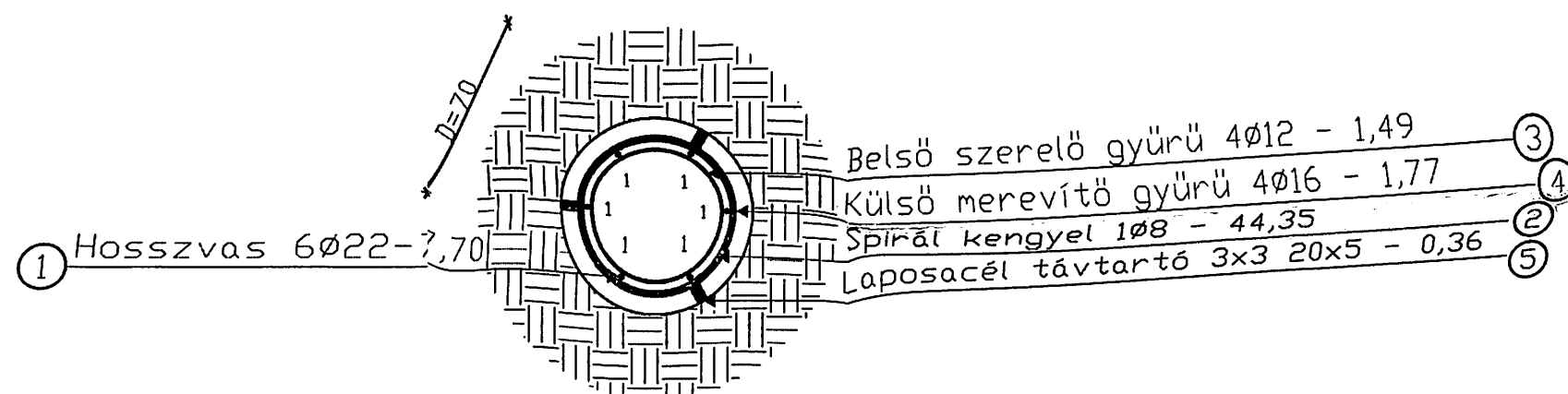
CFA cölöp kialakítás



6Ø22 ①

3 20x5 ⑤

A-A Keresztmet szet M= 1:25



Betonacél kimutatás			Φ8	Φ12	Φ16	Φ22
Jel	db	Φ	hossz			
1	6	22	7,70			46,2
2	1	8	44,34	44,34		
3	4	12	1,6		6,40	
4	4	16	1,92			7,68
5	9	LA	-			
összes	m		-	44,34	6,40	7,68
kg/m			0,2826	0,39	0,89	1,58
kg			2,5434	17,47	5,68	12,13
összes	kg					46,20
						2,98
						137,68
						175,50

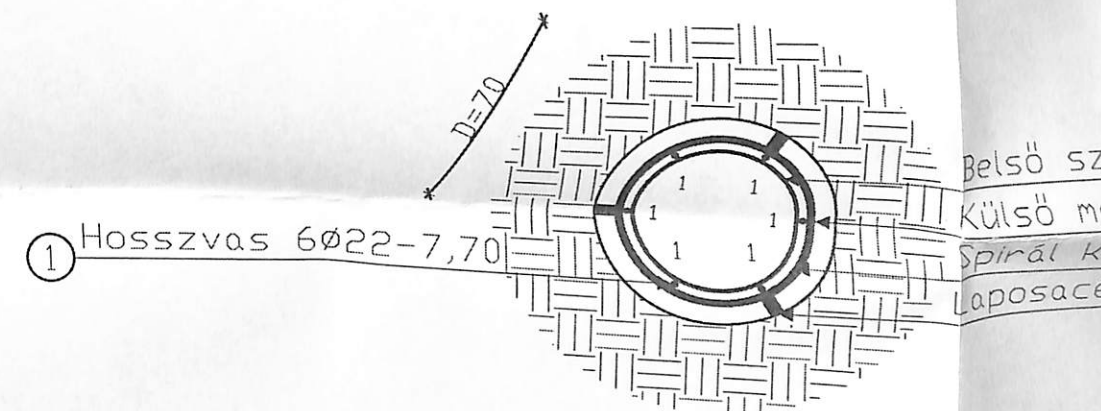
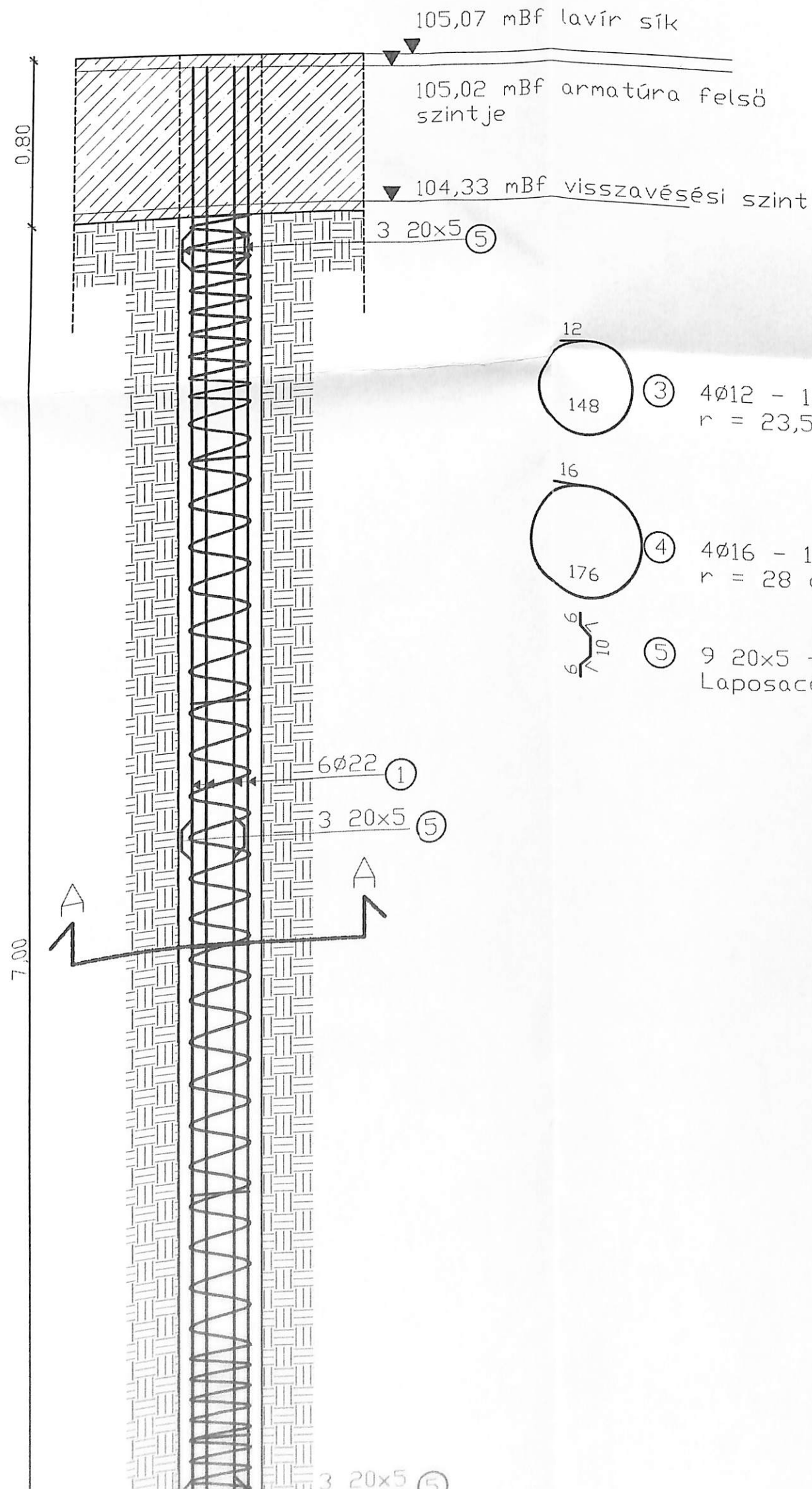
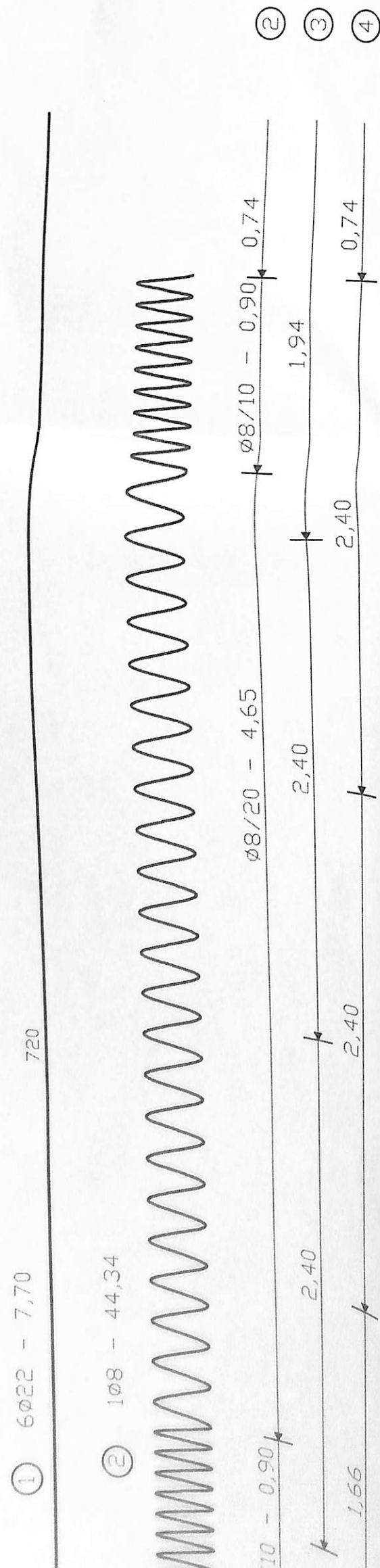
Megjegyzés:

A cölöp csúcsot, valamint a fővashoz rögzített merevítő/szerelő gyűrűket és távtartókat hegesztéssel kell kialakítani.
 Furatátmérő D = 700 cm
 Minimális betontakarás: c_{nom} = 6 cm
 Betonacél minőség: B500
 Beton minőség: C30/37-XA2
 Laposacél távtartók minősége: S235
 105,02 mBf

CFA cölöp

Hosszmetszet M= 1:25

A-A Keresztmetszet M



Beto
kimu
Jel
1
2
3
4
5
össz
kg/m
kg
össz

Megje
A cöl
rögzí
távta
Furat
Minimál
Beton
Beton
Lapos
±0,00=

K HELYSZÍNRAJZA (Sobieski utca 32.)

CPT 3

108.62 m Bf.
(2015.07.14)

7.05'

9.88'

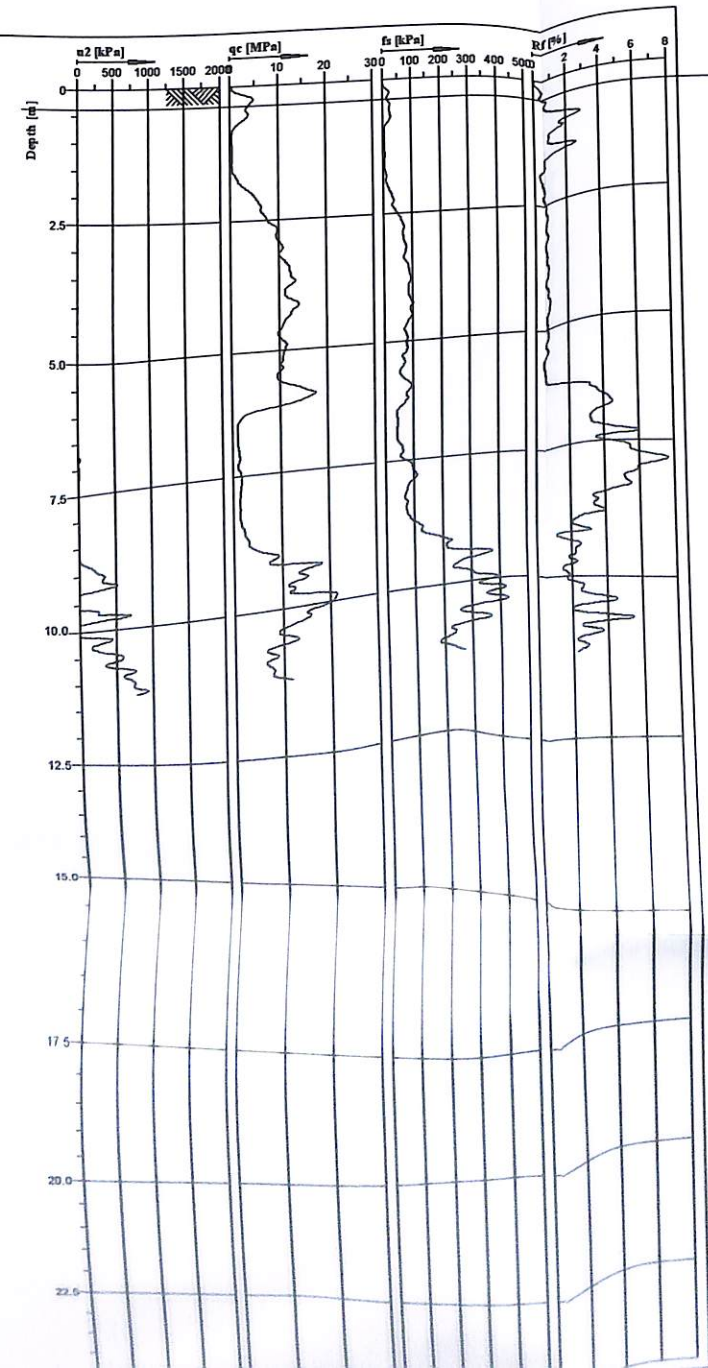
5.12'

6.57'

CPT 2

108.62 m Bf.
(2015.07.14)

- Classification by
Robertson 1998
- Sand to silty sand (8)
 - Silty sand to sandy silt (7)
 - Sensitive fine grained (1)
 - Sensitive fine grained (1)
 - Sand to silty sand (8)
 - Sand (9)
 - Sand (9)
 - Sand (9)
 - Sand to silty sand (8)
 - Sand (9)
 - Sand (9)
 - Sand (9)
 - Clay (3)
 - Silty clay to clay (4)
 - Clay (3)
 - Clay (3)
 - Clayey silt to silty clay (5)
 - Silty sand to sandy silt (7)
 - Sand to silty sand (8)
 - Silty sand to sandy silt (7)



0,00 = 108.28 m Bf.

