



# GEOTECHNIKAI TERVEZÉSI BESÁMOLÓ

a H-6728 Szeged, hrsz.: 01416/7 – METRANS telephely,  
darupálya tervezéséhez

Budapest, 2025. július 18.

Megbízó:	<b>METRANS Szeged Kft.</b>	H-1211 Budapest, Salak utca 1-37.
----------	----------------------------	--------------------------------------

Készítette:

Okleveles építőmérnök Geotechnikai tervező és szakértő	Dr. Szendefy János MK.: 14-01063	
Okleveles építőmérnök	Hübner Balázs	

**Tartalom:**

<b>1. MEGBÍZÁS TÁRGYA</b>	<b>3</b>
<b>2. KÖRNYEZET BEMUTATÁSA</b>	<b>3</b>
<b>3. TALAJ- ÉS TALAJVÍZVISZONYOK</b>	<b>5</b>
3.1. TALAJVÍZVISZONYOK	7
<b>4. TERÜLET FÖLDRENGÉS VISZONYAI</b>	<b>8</b>
<b>5. TERVEZETT SZERKEZETEK</b>	<b>9</b>
5.1. GEOTECHNIKAI KATEGÓRIA, TERVEZÉSI EGYSÉG	9
<b>5.2. ALAPOZÁSI RENDSZER</b>	<b>9</b>
5.2.1. CÖLÖPTEHERBÍRÁSOK	10
5.2.1.1. HÚZOTT CÖLÖPÖK MÉRETEZÉSE	12
5.2.1.2. ALKALMAZOTT CÖLÖPÖK TEHERBÍRÁSA	13
5.2.2. CÖLÖPCSOPORT HATÁS	15
5.2.3. NEGATÍV PALÁSTELLENÁLLÁS	15
5.2.4. VÁRHATÓ SÜLLYEDÉSEK	15
<b>5. SÍKALAPOK</b>	<b>16</b>
<b>6. FELHASZNÁLT SZABVÁNYOK ÉS SZAKIRODALOM</b>	<b>16</b>
<b>7. ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁSOK</b>	<b>17</b>
<b>8. SZERZŐI JOGOK</b>	<b>18</b>

## 1. MEGBÍZÁS TÁRGYA

**METRANS Szeged Kft.** (H-1211 Budapest, Salak utca 1-37. továbbiakban, mint Megbízó) az **EFERTE Kft.-t** (H-1111 Budapest, Budafoki út 10/B. 3. em. 5. ajtó továbbiakban, mint Vállalkozó) bízta meg, hogy készítsen geotechnikai tervezési beszámolót a tárgyi projekt alapozásának tervezéséhez.

Megbízónk a tervezési beszámoló elkészítéséhez az alábbi műszaki dokumentumokat bocsátotta rendelkezésünkre:

- Tervezett darupálya, felszerkezet átnézeti terve (.pdf);
- A tervezett darupálya metszete a tervezett szintmagasságokkal:
  - Átlagos meglévő terepszint 81,0 mBf  $\pm 0,2$ m
  - Cölöpök visszavésési síkja: 81,42 mBf
  - Végleges terepszint: ~82,60 mBf
- A tervezett darupálya előzetes terhelési adatai

A tervezési beszámoló elkészítése során felhasználtuk a tárgyi területen készült talajvizsgálati jelentések megállapításait is:

- Előzetes talajvizsgálati jelentés a H-6728 Szeged külterületén, a 01416/7 hrsz. alatt lévő területről a koncepció- és engedélyezési tervek elkészítéséhez – EFERTE Kft. – 2020. április 15.
- Kiegészítő talajvizsgálati jelentés a H-6728 Szeged külterületén, a 01416/7 hrsz. alatt lévő területről a kiviteli tervek elkészítéséhez – EFERTE Kft. – 2022. március 18.
- Kiegészítő talajvizsgálati jelentés a H-6728 Szeged, hrsz.: 01416/7 – METRANS telephely, darupálya tervezéséhez – EFERTE Kft. – 2025. július

## 2. KÖRNYEZET BEMUTATÁSA

A tárgyi terület a 01416/7 hrsz. alatt helyezkedik el Szeged II. külterületében, a városba északról bevezető, az M5-ös autópálya felől érkező kétszer egysávos 5. számú út közelében, attól ~400m-re. A terület kiemelt ipari, gazdasági fejlesztési területe Szegednek, mind az M5-ös autópálya, mind az M43-as autópálya könnyen elérhető. A terület tágabb környezetében főként mezőgazdasági hasznosítású parcellák jellemzők, keleti irányban, az 5. számú út átellenes oldalán a BYD autógyár építési területe helyezkedik el. A telek közvetlen északi szomszédságában a CBA Regionális Logisztikai raktárbázisa található, nyugatról közforgalmú vasútvonal, délről a feltáró út, kelet felől csatorna határolja. A telephely a szilárd burkolatú bekötőút felől acélkapun keresztül közelíthető meg.

A vizsgált területet és környezetét az 1. ábrán lévő légi felvételen szemléltetjük:



1. ábra – A vizsgált terület helyszínrajzi elhelyezkedése

A terület sík, rendezett, helyenként cserjék fedik, részben még burkolatok jellemzik. A trapéz alakú telek drótfonatos kerítéssel körülkerített, alapterülete összesen 90.565m<sup>2</sup>. A kapu mellett porta áll, és a bejáráshoz közel egy 18m hosszú, 60t hitelesítésű hídmérleget telepítettek. A telekre víz, villany, gáz és telefon bevezetésre került, szennyvízcsatorna viszont nem található a területen.

A telken mélyült feltárások geodéziai bemérése alapján a terület magassága ~80,6-81,6mBf szintek közé tehető, ami alapján geotechnikailag sík.

A területen korábban aszfalt- és betonkeverő üzem működött, amit már elbontottak. A belső utak betonburkolattal ellátottak, a technológiának megfelelően térburkolattal fedett.

A telken tervezett beruházás keretében egy új METRANS telephely létesül, melynek során egy konténerátrakó terminál fog megvalósulni bakdaru nélkül, két vágánnyal, amelyek a területet ÉK-DNy-i irányban szelik ketté. A területen jellemzően 1-2 szintes konténerépületek, valamint sátrak lesznek felállítva. A járműforgalmat a terület köré tervezett útpálya biztosítja, a személy- és tehergépjárművek részére parkolókat alakítanak ki. A területen portaépületet, valamint sofőr pihenő és admin épületet is terveznek létesíteni.

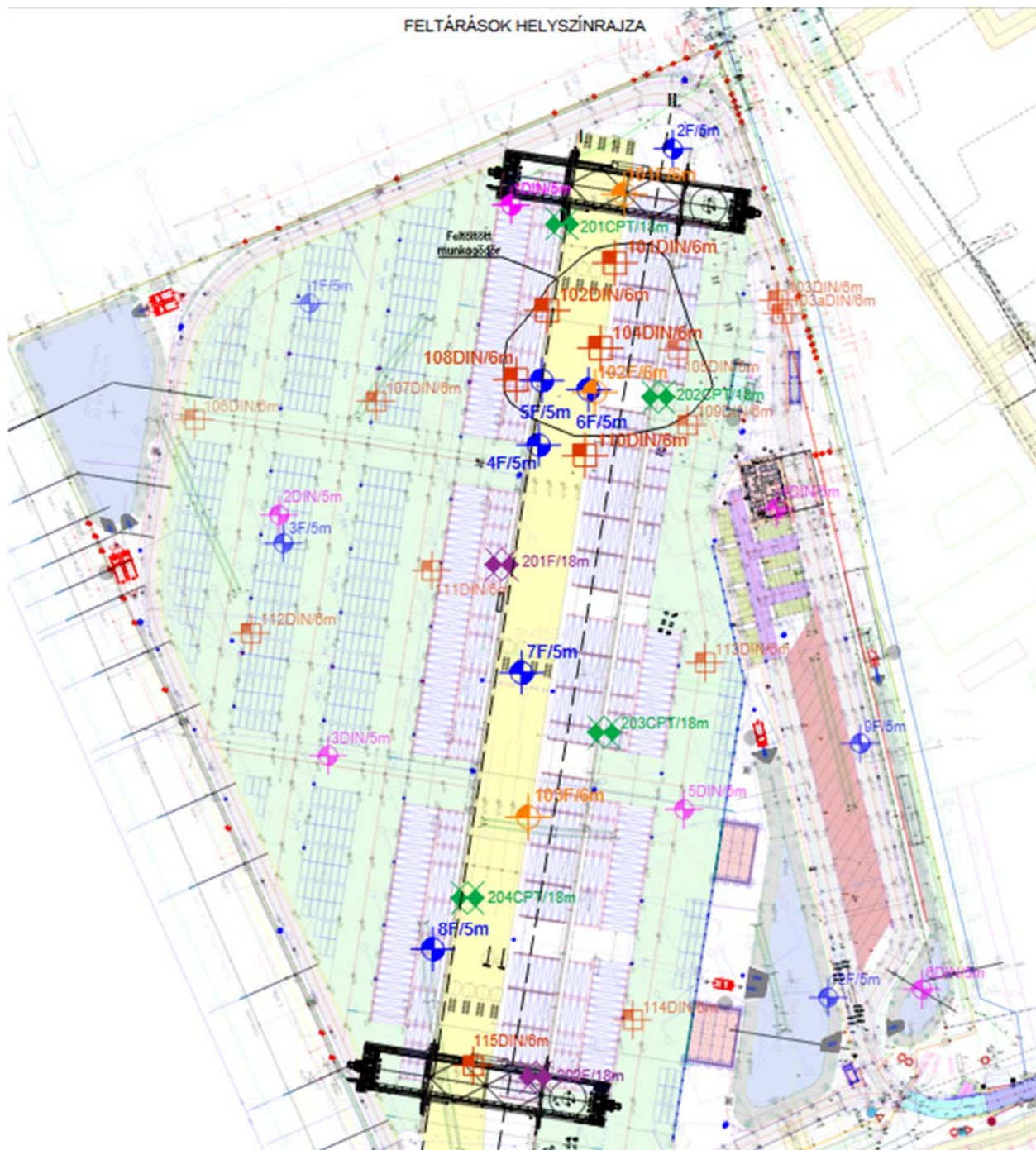


2. ábra – A telek 2015-ös légifelvétele

A területen korábban működő aszfaltkeverő az altalajt ~3.800m<sup>2</sup> területen elszennyezte. A telken korábban végzett szakértői tevékenységünk során a Megrendelő által szolgáltatott információk alapján a telken kárelhárítás történt, mely során a szennyezett területen a talajt ~3-4m mélységben



kitermelték, és elszállították. A kárelhárítás során kialakult munkagödört helyreállították, azt földanyaggal feltöltötték. A tervezett vasúti vágányok vonala ezen területen halad át.



3. ábra – A tervezett darupálya, valamint az egykori munkagödör

### 3. TALAJ- ÉS TALAJVÍZVISZONYOK

A terület altalaj- és talajvízviszonyairól a vonatkozó talajvizsgálati jelentések számolnak be részletesen, az alábbiakban ezeknek csak rövid összefoglalóját közöljük.

A területen zöld felületek csak kisebb foltokban jellemzők, ennek alapján jelentősebb gyökérzóna sem jellemző. Ahol az mégis megtalálható, ott a **humuszos feltalaj (gyökérzóna)** ~30-40cm vastagságban jelentkezett.

A tervezett darupálya nyomvonala a korábbi fejezetben említett helyreállított, 3-4m mélységű munkagödört keresztezi. A darupálya nyomvonalában a munkagödör mélysége ~2,70-3,40m volt, melyet szürkésfekete, építési törmelékes, kavicsos agyagos homokkal töltöttek fel. Izzítási veszteség vizsgálatok alapján a réteg nem minősül szervesnek (LOI~2,5-3,7%).

A feltárások alapján a terepszint és a helyenként megtalálható humuszos fedőréteg alatt, jellemzően ~0,70-1,80m mélységig heterogén összetételű és állapotú **feltöltés** található. A teljes területen mélyült feltárások során szemcsés, valamint kötöttebb anyagú feltöltés is azonosítható volt. A darupálya nyomvonalába eső feltárásokban alapvetően szemcsés/átmeneti anyagú feltöltés volt azonosítható, mely helyenként építési törmelékes, kötörmelékes, kavicsos, valamint növényi maradványokat is tartalmazhat.

A feltöltésből származó minták azonosítási vizsgálatai alapján a réteget barna, sárgásbarna, szürkésbarna, szürke, sötétszürke, szürkésfekete színű homok, iszapos homok, homokos iszapos agyag, homokos agyag alkotja. A rétegből vett mintákon elvégzett izzítási vizsgálatok alapján egyik esetben sem minősül szervesnek (LOI~0,8-4,7%).

A feltöltés alatt helyenként ~1,20-2,30m mélységig, néhány dm vastagságban egy sötétbarna, szürke, szürkésbarna, fekete agyag réteg jelentkezett (**A réteg**). Ez a réteg vélhetően az egykori terepfelszínt alkotó feltalaj, mely a terület feltöltése előtt nem lett eltávolítva. Összetételét tekintve homokos iszapos agyagnak, illetve gyúrható/merev közepes agyagnak minősül. A réteg szervesanyag tartalma a laboratóriumi vizsgálatok alapján LOI~4,1-6,2% között változott, ami alapján nem tekinthető szervesnek.

A feltöltés és az A réteg alatt, -0,60-2,30m mélységtől a geológiai leírásoknak megfelelően felső-pleisztocén kori infúziós lösz talajok települnek (**B réteg**). A réteg állapotát tekintve kedvezőtlen, laza, puha állapotú. Azonosítási vizsgálatok szerint jellemzően 25% alatti homokfrakcióval rendelkező agyagos iszapnak, homokos, agyagos iszapnak, agyagos, homokos iszapnak, homokos iszapnak, illetve sovány agyagnak minősül. Talajvíz felett világosbarna, sárgásbarna, sárga, zöldesszürke, míg alatta szürkésbarna, szürke, sárgásszürke színű, rozsdaszerű és szürkeeres. A B réteg puha-gyúrható-merev állapotúnak minősül, azonban merev állapotúnak csak két fúrásban (talajvíz felett) mutatkozott, ahol kissé mélyebben jelent meg a talajvíz, a réteget többnyire a puha-gyúrható ( $I_c \sim 0,30-0,72$ ) állapot jellemzi. A lineáris zsugorodás vizsgálat alapján ( $\varepsilon_s = 2,40-4,00\%$ ) a réteg kissé-közepesen (D-2/D-3) térfogatváltozóknak minősül.

Az átmeneti B réteg alatt ~3,80-5,50m mélységtől ~7,80-9,70m mélységig, a B rétegnél kissé kedvezőbb állapotú, kötöttebb, agyagosabb réteg jelent meg (**C réteg**), melyre **C rétegg**ként hivatkozunk. A réteg barna, barnásszürke, szürkésbarna, sárgásbarna színű, jellemzően rozsdafoltos. A réteg felső, ~5,00m mélységben lévő zónája magasabb plaszticitású és kedvezőbb konzisztenciájú merev kövér agyag (**C\* réteg**). Ez alatt a C réteg gyúrható/nagyon puha, közepes agyagnak minősül. Szemeloszlás alapján agyagos iszapnak, illetve iszapos agyagnak minősül.

A mélyebb feltárásokban a C réteg alatt a fúrások talpáig szürke, sötétszürke, rétegek jelentkeztek, melyeket állapotuk és összetételük alapján további 4 rétegre lehet felbontani. Az itt feltárt talajrétegek egyes zónákban egymással sűrűn váltakozva települnek.

A C réteg alatt ~7,80-9,70m mélységtől ~10,50-13,40m mélységig feltárt, kissé kedvezőbb, de laza, puha állapotú, magasabb homok tartalmú, sötétszürke réteg

található (**D réteg**). A CPT szondák alsó zónájában tapasztalt alacsony csúcsellenállású, néhány dm-es zónában feltárt rétegek szintén D rétegbe sorolhatók. Szemeloszlási vizsgálat alapján agyagos homokos iszapnak minősül, plaszticitási vizsgálatok alapján pedig nagyon puha sovány agyagként osztályozható.

A feltárásokban főként a D réteg alatt ~12,30-14,10m mélységig egy alacsony csúcsellenállású, sötétszürke, agyagosabb réteg jelentkezett (**E réteg**). Bár a réteg összetétele és állapota alapján is hasonló a felső C réteghez, színe, valamint települése és képződési kora alapján külön rétegbe soroltuk. A szondában tapasztaltak alapján a réteg a mélyebben fekvő, kedvezőbb állapotú, szemcsésebb rétegekben is megjelenhet vékony, néhány dm-es zónákban. Összetételét tekintve agyagos iszap.

A mélyebb talajzónákban főként kedvezőbb állapotú, magas homok tartalmú rétegek települnek, melyben kedvezőtlen állapotú, vékony rétegbetelepülések (E és D réteg) jellemzők. A kedvező, közepesen tömör állapotú, sötétszürke, szemcsés rétegre **F réteggként**, míg a kedvezőtlenebb, laza-közepesen tömör állapotú, magas iszap tartalmú réteget **G réteggként** hivatkoznak. Az F és a G réteg egymással szintén váltakozva települ. Az **F réteg** iszapos homokként azonosítható. A **G réteg** szemeloszlását tekintve homokos iszapos agyagnak, homokos agyagos iszapnak minősül.

### 3.1. TALAJVÍZVISZONYOK

A **2025. 06. 25-én**, valamint a **2022.01.27-én** és **2020. március 10-11. között** végzett fúrások mindegyikében elérték a talajvíz szintjét. A darupálya nyomvonalába eső feltárásokban észlelt talajvízszinteket relatív és abszolút értelemben az alábbi táblázatban közöljük:

1. táblázat

A feltárásokban jelentkező talajvízszint abszolút magassági elhelyezkedése						
Feltárás jele	Feltárás szintje [mBf]	Feltárás időpontja	Megütött vízszint [m]	Megütött vízszint [mBf]	Nyugalmi vízszint [m]	Nyugalmi vízszint [mBf]
201F	81,13	2025.06.25.	-2,80	78,33	-2,75	78,38
202F	81,24	2025.06.25.	-4,00	77,24	-2,94	78,30
101F	80,95	2022.01.27.	-2,20	78,75	-	-
102F	80,90	2022.01.27.	-1,90	79,00	-	-
103F	80,89	2022.01.27.	-2,20	78,69	-	-
104F	82,60	2022.01.27.	-3,80	78,80	-	-
2F	80,68	2020.03.10	-2,65	78,03	-2,25	78,43
4F	81,11	2020.03.11	-1,80	79,31	-1,65	79,46
5F	81,08	2020.03.11	-2,20	78,88	-1,48	79,60
6F	80,95	2020.03.11	-2,10	78,85	-1,31	79,64
7F*	81,14*	2020.03.10*	-0,20*	80,94*	-0,10*	81,04*
8F	81,37	2020.03.10	-2,50	78,87	-2,65	78,72
10F	81,61	2020.03.10	-3,40	78,21	-2,62	78,99

\*A 7F jelű talajmechanikai fúrásban tapasztalt felszínközeli víz a feltöltésben felszíni vizek hatására gyűlt össze, ami tulajdonképpen egy általajvíz.

A következő táblázatban feltüntettük a terület többi részén mélyült fúrásokban tapasztalt talajvízszinteket:

2. táblázat

A feltárásokban jelentkező talajvízszint abszolút magassági elhelyezkedése						
Feltárás jele	Feltárás szintje [mBf]	Feltárás időpontja	Megütött vízszint [m]	Megütött vízszint [mBf]	Nyugalmi vízszint [m]	Nyugalmi vízszint [mBf]
1F	81,08	2020.03.10	-2,30	78,78	-2,65	78,43
3F	81,51	2020.03.10	-2,40	79,11	-4,00	77,51
9F	80,76	2020.03.10	-2,10	78,66	-1,15	79,61
11F	81,50	2020.03.10	-2,60	78,90	-3,05	78,45
12F	81,34	2020.03.10	-2,70	78,64	-2,01	79,33

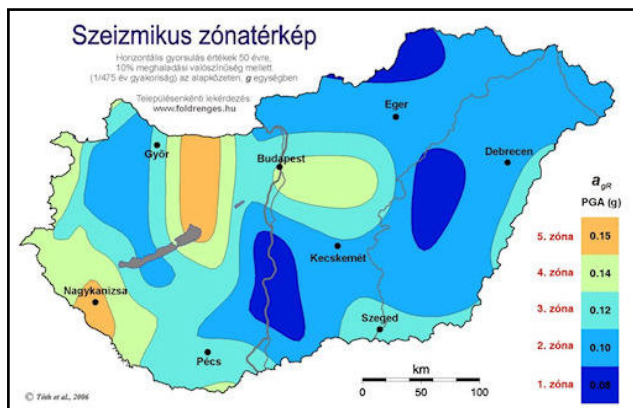
A területen korábban és jelenleg mélyült fúrásokban tapasztalt talajvízszintek jó egyezést mutatnak. A telephely területén a megütött talajvízszint a terepszint alatt -1,80-4,00m mélységben, 77,24-79,31mBf szintek között jelentkezett, míg a nyugalmi talajvízszint -1,15-4,00m mélységben, 77,51-79,64mBf szinten állandósult. A talajvíz a B rétegben áramlik. A korábban mélyült 7F jelű talajmechanikai fúrásban tapasztalt felszínközeli víz a feltöltésben felszíni vizek hatására gyűlt össze, ami tulajdonképpen általajvíznek tekinthető.

A talajmechanikai feltárások és a szakirodalmi adatok alapján a **becsült maximális talajvízszintet (karakterisztikus vízszint) a terepszint alatt -0,5m-rel** adja meg a szakvélemény a vizsgált területen.

A laboratóriumi vizsgálatok alapján a talajvíz szulfátion koncentrációja a vizsgált minták egy részében meghaladta az XA1 ( $\text{SO}_4^{2-} > 200\text{mg/l}$ ) környezeti kategória alsó határértékét, míg a minták döntő többségében nem mutatkozott betonszerkezetekre agresszívnek ( $\text{SO}_4^{2-} < 200\text{mg/l}$ ) a talajvíz. A vizsgált telken végzett nagyszámú vizsgálat figyelembevételével a talajvizet a területen **enyhén agresszív, XA1 környezeti osztályba** kell sorolni.

## 4. TERÜLET FÖLDRENGÉS VISZONYAI

A tervezett létesítmények szeizmikus tervezéshez szükséges talajgyorsulás referenciaértéke a szeizmikus zónatérképről olvasható le. A térképről leolvasható horizontális gyorsulás értékek 50 évre vonatkoznak 10%-os meghaladási valószínűség mellett ( $P_{\text{NCR}}$ ), ami a visszatérési periódus értékét  $T_{\text{NCR}}=475$  évben állapítja meg. A horizontális gyorsulás  $a_{\text{gR}}=0,12\text{g}$ -re vehető fel a térkép és az MSZ EN 1998-1:2008 (A tartószerkezetek tervezése földrengésre) alapján.



10. ábra – Szeizmikus zónatérkép



A beépítendő területet a talajfeltárásokból és laboratóriumi vizsgálatokból nyert talajjellemzők alapján **D típusú** altalaj osztályba soroljuk.

## 5. TERVEZETT SZERKEZETEK

A darupálya 40m-es fesztávval, illetve 20-20m-es konzollal rendelkezik, alatta vasúti vágányok és konténerek helyezkednek el. A daru 400t önsúlyú. A darupálya 350m hosszú, ami két, egymással párhuzamos cölöpökkel alátámasztott darupálya tartót (DPT-t) jelent. A rendelkezésre bocsátott információk szerint a sínkoronaszint a vasútra SKv=82,70mBf; darura SKd=83,63mBf. A vb. DPT felső síkja 83,42mBf; így a cölöpök visszavésési síkja 81,42mBf (két méteres gerendamagassággal). A terület fel lesz töltve; a kész burkolatok ill. terepszint a DPT-k körül 82,6mBf-ben nevesíthetők, ami c.ca. 1-2m-es feltöltést jelent. A feltöltések egy része a cölöpözéshez szükséges szintek kialakítása során elkészül, ugyanakkor azt követően további 1-1,5m-es feltöltések készülnek a végleges szintekhez.

### 5.1. GEOTECHNIKAI KATEGÓRIA, TERVEZÉSI EGYSÉG

A tervezett darupálya megvalósítását a várható geotechnikai nehézségek és kockázatok, illetve az alkalmazandó eszközök, eljárások szempontjából **3. geotechnikai kategóriába soroljuk**.

A geotechnikai adottságok szempontjából a teljes tervezési területet egy tervezési egységként kezeltük.

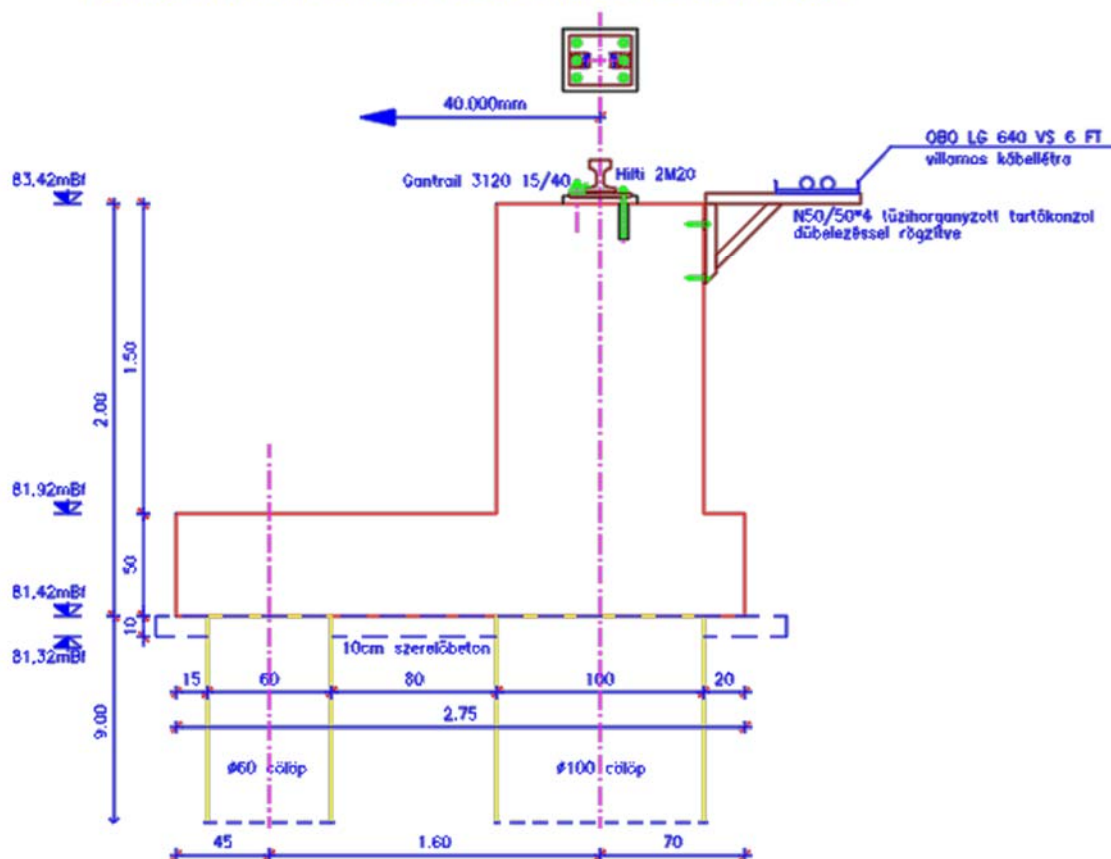
Az e fejezetben részletezett számítások a geotechnikai tönkremenetellel szembeni ellenállást (GEO teherbírási határállapot) ismertetik. Az MSZ EN 1997-1 előírásai szerint a tervezés során a 2. tervezési módszert (DA-2\*) alkalmaztuk, ahol az ellenállás oldali parciális tényezőket a számított teherbíráshoz kell rendelni (R2 értékcsoporthoz).

### 5.2. ALAPOZÁSI RENDSZER

A DPT alapozása mélyalapokkal, CFA technológiájú cölöpökkel tervezett. A cölöpöket a DPT vasbeton gerendája dolgoztatja együtt, mely egyben a sínpályát is fogadja. A cölöpök visszavésési síkja 81,42 mBf, felettük 2,0m magasságú gerenda tervezett. A szerkezetek keresztmetszetét az alábbi ábra mutatja.

Az egyes cölöpök tengelytávja legalább az átmérő 3-szorosa kell legyen, ezért az alábbi metszetben szereplő geometria mellett a cölöpöket alaprajzilag eltolva kell kialakítani.

DARUPÁLYATARTÓ KERESZTMETSZETE M=1:25



4. ábra – A tervezett DPT keresztmetszete

### 5.2.1. CÖLÖPTEHERBÍRÁSOK

Az egyedi cölöpök ellenállását a rendelkezésünkre álló CPTu statikus nyomószondázási eredmények alapján határoztuk meg. A számítások során CFA (Continuous Flight Auger) technológiájú cölöpöket alkalmaztunk. Az egyedi cölöpök méretezése során az Eurocode 7, valamint Szepesházi Róbert (2011) ajánlásait vettük figyelembe.

Az egyedi cölöpök ellenállása a cölöp talp- ( $R_b$ ) és köpenymenti ( $R_s$ ) ellenállásainak összege:

$$R_c = R_b + R_s$$

A cölöpök fajlagos talpellenállásának számított értékét ( $q_{b,cal}$ ) a CPT szonda csúcsellenállása, valamint a cölöpözési technológiától függő szorzótényező alapján számíthatjuk.

$$q_{b,cal} = \alpha_b \cdot \lambda_b \cdot 0,50 \cdot \left( \frac{q_{c,I} + q_{c,II}}{2} + q_{c,III} \right)$$

ahol,

- $\alpha_b$  - Cölöpözési technológiától függő konstans talpellenállási szorzótényező, amelyet korábbi, hasonló talajkörnyezetben végzetben próbaterhelési tapasztalataink alapján CFA technológia esetében 0,70-ben lehet meghatározni.
- $\lambda_b$  - A talpellenállás redukciós tényezője, melyet a hazai próbaterhelési tapasztalatok alapján javasolt szemcsés talajok esetében alkalmazni a

talpellenállás cölöpözési technológiából adódó bizonytalansága miatt. Javasolt értéke  $\lambda_b = 0,6$ , melynek szükségességét hasonló talajkörnyezetben végzett próbaterhelési adatok is alátámasztják.

- qc,I - A cölöptalp alatti kritikus zóna mért qc értékeinek az átlaga, mely hcrit mélységet úgy kell 0,70·D és 4,00·D között felvenni, hogy a számított talpellenállás a legkisebb legyen.
- qc,II - A cölöptalp alatti kritikus zóna legkisebb qc értékeinek súlyozott átlaga, mely legkisebb értéket úgy kell felvenni, hogy a hcrit mélységtől a talpig felfelé haladva az előzőnél mindig csak kisebbeket szabad számításba venni.
- qc,III - A cölöptalp feletti 8,00·D zóna legkisebb qc értékeinek súlyozott átlaga, mely legkisebb értékeket a talptól 8,00·D-ig felfelé haladva az előbbi elv szerint kell felvenni, a talptól a qc,II számításakor figyelembe vett utolsó értékből kiindulva.

A fajlagos talpellenállás számított értéke szemcsés talajok esetén 5,00 MPa-ban, míg kötött talajokban 2,50 MPa-ban van maximalizálva. Ennél magasabb értéket csak akkor szabad felvenni a számítások során, ha azt összehasonlító próbaterhelési adat igazolja. A talpellenállás számított értékét ez után az alábbi képlet segítségével számítottuk:

$$R_{b,cal} = q_{b,cal} \cdot A_b$$

A fajlagos köpenymenti ellenállás CPT csúcsellenállások alapján szemcsés talajokban a következőképpen számítható:

$$q_{s,cal} = \alpha_s \cdot \sqrt{q_{c,átl}}$$

ahol,

- $\alpha_s$  - Cölöpözési technológiától függő konstans palástellenállási szorzótényező, amely CFA cölöpök esetén 0,55.

Kötött talajokban a fajlagos köpenymenti ellenállás CPT csúcsellenállások alapján Szepesházi Róbert (2011) javaslatai alapján a következőképpen számítható:

$$q_{s,cal} = 1,20 \cdot \mu_s \cdot \sqrt{q_{c,átl}}$$

ahol,

- $\mu_s$  - Cölöpözési technológiától függő konstans palástellenállási szorzótényező, amely értéke CFA cölöpök esetében 1,00-ra vehető fel.

A fajlagos köpenymenti ellenállás számított értéke kötött talajokban, CFA cölöpözési technológia esetében csak akkor lehet nagyobb 80 kPa-nál, ha azt összehasonlítható próbaterhelési adat igazolja, míg szemcsés talajokban ez a felső korlát 120 kPa.

A cölöpök teljes köpenymenti ellenállásának értékét az egyes rétegekhez tartozó fajlagos palástellenállás ( $q_{s,cal,i}$ ), és az adott réteg vastagságának cölöphossz és cölöpkerület mentén való összegzésével kapjuk meg.

$$R_{s,cal} = D \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^n H_i \cdot q_{s,cal,i}$$

A talp- és köpenymenti ellenállások számított értékeit ezután el kell osztani a vizsgálatok darabszámától függő korrelációs tényezővel, hogy megkapjuk az ellenállások karakterisztikus értékeit.

$$R_{b,k} = \min \left\{ \frac{(R_{b,cal})_{mean}}{\xi_3}; \frac{(R_{b,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{s,k} = \min \left\{ \frac{(R_{s,cal})_{mean}}{\xi_3}; \frac{(R_{s,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{mean}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

A korrelációs tényezők értékeit a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat: Korrelációs tényezők

n [db]	$\xi_3$ [-]	$\xi_4$ [-]
1	1,40	1,40
2	1,35	1,27
3	1,33	1,23
<b>4</b>	<b>1,31</b>	<b>1,20</b>
5	1,29	1,15
6	1,28	1,13
7	1,27	1,12
10	1,25	1,08

Az MSZ EN 1997-1 szabvány a parciális tényezők megadásánál fúrt, vert és CFA technológiákra vonatkozóan tartalmaz értékeket. A nyomott cölöp teljes/kombinált ellenállásához tartozó parciális tényező CFA cölöpöknél  $\gamma_t=1,15$ , a talpellenálláshoz tartozó parciális tényező  $\gamma_b=1,20$ , a palástellenálláshoz tartozó pedig  $\gamma_s=1,10$  értékben vehető fel. A karakterisztikus értékeket leosztva a technológiától függő parciális tényezővel megkapjuk az ellenállás tervezési értékét. Amennyiben nem áll rendelkezésre összehasonlító próbaterhelési eredmény, az ellenállás tervezési értékét tovább kell csökkenteni modell-tényezővel (CPT szondázásra alapuló méretezés esetén  $\gamma_{R,d}=1,10$ ).

$$R_{c,d} = \min \left( \frac{\frac{R_{b,k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_s}}{\gamma_{R,d}}; \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} \right)$$

### 5.2.1.1. HÚZOTT CÖLÖPÖK MÉRETEZÉSE

Húzott cölöpök fajlagos köpenymenti ellenállásának számolt értékét hasonló módon számíthatjuk, mint azt nyomott cölöpök esetében tettük, mind kötött, mind szemcsés talajok esetében.

Szemcsés talajoknál:

$$q_{s,cal} = \alpha_s \cdot \sqrt{q_{c,átl}}$$

Kötött talajoknál:

$$q_{s,cal} = 1,20 \cdot \mu_s \cdot \sqrt{q_{c,átl}}$$

A cölöpök teljes köpenymenti ellenállásának értékét az egyes rétegekhez tartozó fajlagos palástellenállás ( $q_{s,cal,i}$ ), és az adott réteg vastagságának cölöphossz és cölöpkerület

mentén való összegzésével kapjuk meg, ami egyben a húzott cölöpök teljes ellenállásának számított értéke:

$$R_{s,cal} = R_{c,cal} = D \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^n H_i \cdot q_{s,cal,i}$$

Az ellenállások számított értékéből karakterisztikus értékeket határoznak meg a korrelációs tényezők segítségével, majd meghatározzuk az ellenállások tervezési értékét ( $R_{t,d}$ ) cölöp viselkedésétől és technológiájától függő parciális biztonsági tényező segítségével. Húzott cölöpök ellenállásához tartozó parciális biztonsági tényező értékét  $\gamma_{s,t}=1,25$  értékben vettük fel. Amennyiben nem áll rendelkezésre összehasonlító próbaterhelési eredmény, az ellenállás tervezési értékét ebben az esetben is tovább kell csökkenteni modelltényezővel ( $\gamma_{R,d}=1,10$ ).

$$R_{t,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_{s,t} \cdot \gamma_{R,d}}$$

### 5.2.1.2. ALKALMAZOTT CÖLÖPÖK TEHERBÍRÁSA

A vizsgálataink során CFA (Continuous Flight Auger) technológiával készülő cölöpöket alkalmaztunk a tervezett szerkezet alapozására. A cölöpteherbírás értékeket különböző átmérőkre és szerkezeti hosszúságú cölöpökre határoztuk meg, mely alapján a felszerkezetről a cölöpökre átadódó teher ismeretében a szükséges cölöpök átmérője és hossza meghatározható. A teherbírasi és a cölöpök teher-süllyedés viszonyait leíró rugóállandók értékeket a 4-6. táblázatokban foglaltuk össze.

4. táblázat: Egyedi cölöpök teherbírása –  $D=60\text{cm}$  átmérő

Cölöptípus	CFA					
Átmérő [m]	0,60					
Cölöp felső sík [mBf]	81,42					
Szerkezeti hossz[m]	13,40	13,90	14,40	14,90	15,40	15,90
Talpsík [mBf]	68,02	67,52	67,02	66,52	66,02	65,52
Számított köpenyellenállás (min / átlag) [kN]	841 / 955	878 / 1002	915 / 1045	962 / 1095	1016 / 1146	1074 / 1203
Számított talpellenállás (min / átlag) [kN]	116 / 235	97 / 205	216 / 302	167 / 310	144 / 261	161 / 242
Cölöp nyomási ellenállás karakterisztikus értéke [kN]	798	813	998	1001	1012	1060
<b>Cölöp nyomási ellenállás tervezési értéke [kN]</b>	<b>630</b>	<b>642</b>	<b>767</b>	<b>768</b>	<b>791</b>	<b>838</b>
<b>Cölöp húzási ellenállás tervezési értéke [kN]</b>	<b>510</b>	<b>532</b>	<b>555</b>	<b>583</b>	<b>616</b>	<b>651</b>
<b>Cölöp felúszással szembeni ellenállása [kN]</b>	<b>455</b>	<b>475</b>	<b>495</b>	<b>521</b>	<b>550</b>	<b>581</b>
Függőleges rugóállandó nyomott cölöphöz SLS teherszinten [kN/m]	61000	63000	67000	70000	73000	77000
Függőleges rugóállandó nyomott cölöphöz [kN/m] földrengésvizsgálathoz	152500	157500	167500	175000	182500	192500



Cölöptípus	CFA					
Átmérő [m]	0,60					
Cölöp felső sík [mBf]	81,42					
Szerkezeti hossz[m]	13,40	13,90	14,40	14,90	15,40	15,90
Talpsík [mBf]	68,02	67,52	67,02	66,52	66,02	65,52
0,02D-nek megfelelő elmozduláshoz szükséges teher [kN]	720	748	799	830	871	922

5. táblázat: Egyedi cölöpök teherbírása – D=80cm átmérő

Cölöptípus	CFA			
Átmérő [m]	0,80			
Cölöp felső sík [mBf]	81,42			
Szerkezeti hossz[m]	13,40	13,90	14,40	14,90
Talpsík [mBf]	68,02	67,52	67,02	66,52
Számított köpenyellenállás (min / átlag) [kN]	1122 / 1275	1220 / 1393	1220 / 1393	1283 / 1460
Számított talpellenállás (min / átlag) [kN]	205 / 401	175 / 387	379 / 551	294 / 471
Cölöp nyomási ellenállás karakterisztikus értéke [kN]	1106	1122	1407	1393
<b>Cölöp nyomási ellenállás tervezési értéke [kN]</b>	<b>874</b>	<b>887</b>	<b>810</b>	<b>802</b>
<b>Cölöp húzási ellenállás tervezési értéke [kN]</b>	<b>680</b>	<b>710</b>	<b>739</b>	<b>778</b>
<b>Cölöp felúszással szembeni ellenállása [kN]</b>	<b>607</b>	<b>634</b>	<b>660</b>	<b>694</b>
Függőleges rugóállandó nyomott cölöphöz [kN/m] SLS teherszinten	61000	63000	68000	70000
Függőleges rugóállandó nyomott cölöphöz [kN/m] földrengésvizsgálathoz	152500	157500	170000	175000
0,02D-nek megfelelő elmozduláshoz szükséges teher [kN]	969	1005	1080	1118

6. táblázat: Egyedi cölöpök teherbírása – D=100cm átmérő

Cölöptípus	CFA		
Átmérő [m]	1,00		
Cölöp felső sík [mBf]	81,42		
Szerkezeti hossz[m]	13,40	13,90	14,40
Talpsík [mBf]	68,02	67,52	67,02
Számított köpenyellenállás (min / átlag) [kN]	1403 / 1593	1464 / 1670	1526 / 1741
Számított talpellenállás (min / átlag) [kN]	254 / 545	318 / 643	576 / 783

Cölöptípus	CFA		
Átmérő [m]	1,00		
Cölöp felső sík [mBf]	81,42		
Szerkezeti hossz[m]	13,40	13,90	14,40
Talpsík [mBf]	68,02	67,52	67,02
Cölöp nyomási ellenállás karakterisztikus értéke [kN]	1381	1485	1844
Cölöp nyomási ellenállás tervezési értéke [kN]	1092	1174	1415
Cölöp húzási ellenállás tervezési értéke [kN]	850	887	925
Cölöp felúszással szembeni ellenállása [kN]	759	792	826
Függőleges rugóállandó nyomott cölöphöz [kN/m] SLS teherszinten	61000	64000	69000
Függőleges rugóállandó nyomott cölöphöz [kN/m] földrengésvizsgálathoz	152500	160000	172500
0,02D-nek megfelelő elmozduláshoz szükséges teher [kN]	1212	1273	1368

### 5.2.2. CÖLÖPCSOPORT HATÁS

Az EUROCODE 7 geotechnikai tervezési szabvány előírja, hogy a cölöpcsoportokat ellenőrizni kell nyomásra. Ez a tönkremeneteli mód akkor lehet mértékadó, ha a cölöptalp ellenállása lényegesen meghaladja a köpenymenti ellenállást, és a cölöpök tengelytávolsága kevesebb, mint a cölöpátmérő 2,5-szöröse, illetve egy sorban lévő cölöpcsoportok esetén. Jelen épület esetében a cölöpök talpellenállása jellemzően kisebb a palástellenállásuknál, tengelytávolságaik pedig legalább 2,5D távolságra vannak, ezért szakirodalmi ajánlások alapján nem szükséges teherbírás-csökkentő tényező alkalmazása.

### 5.2.3. NEGATÍV PALÁSTELLENÁLLÁS

A cölöpök kivitelezését követően megépülő feltöltések hatására kialakuló süllyedések várhatóan 2-3 héten belül lejártsódnak. A süllyedések hatására a cölöpök mentén ébredő többlet teher a várható feltöltések mértéke mellett elhanyagolható mértékű.

### 5.2.4. VÁRHATÓ SÜLLYEDÉSEK

A DPT alatt tervezett mélyalapok süllyedése a cölöpökre átadódó terhek függvényében határozható meg. Az egyes cölöpökre átadódó terhek ismerete nélkül a 4-6. táblázatokban az egyes cölöptípusokhoz tartozóan adjuk meg azt a teherszintet, mely mellett az alkalmazott átmérő 2%-ának megfelelő süllyedések kialakulnak.

## 5. SÍKALAPOK

Kis terhelésű, továbbá süllyedésekre kevésbé érzékeny kiszolgáló épületek és egyéb szerkezetek alapozása síkalapozással is megvalósíthatónak tartjuk a terepszint közeli rétegekben is. Ezen szerkezeteknél a tervezés során a várható süllyedések, illetve süllyedéskülönbségek, illetve a magas talajvízszintek miatt a konszolidációból adódó süllyedések meghatározására is nagy gondot kell fordítani.

Amennyiben az alapozási sík a közepes agyag (A réteg) rétegben kerül kialakításra, úgy az alapozási síkot a terepszint alatt min. 1,50m mélységben kell felvenni.

Síkalapok tervezése során a talajmechanikai feltárások tapasztalatai alapján a talajvizsgálati jelentésben megadott talajfizikai és alakváltozási paraméterek alapján az alábbi táblázatban adjuk meg az egyes paraméterek tervezéshez alkalmazható karakterisztikus értékét. A karakterisztikus értékeket a megadott értéktartományok átlagából Schneider (1997) javaslata alapján származtattuk a következő képlet segítségével:

$$X_k = X_m(1 - 0.5v_x)$$

ahol:

$X_k$  a paraméter karakterisztikus értéke

$X_m$  a paraméter átlagértéke

7. táblázat

Geotechnikai paraméterek	Feltöltés	Munkagödör feltöltése	A réteg	B réteg	C* réteg
$\gamma - \gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	17,0-19,0*	17,0-19,0*	18,0-19,0*	18,5-19,5*	19,0-20,0*
$\Phi$ [°]	24	24	11	10,5	14
c [kPa]	-	-	30	15	25
E <sub>oed</sub> [MPa]	3,2	1,6	2,4	3,2	3,2

8. táblázat

Geotechnikai paraméterek	C réteg	D réteg	E réteg	F réteg	G réteg
$\gamma - \gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18,5-19,5*	18,0-19,0*	18,5-19,5*	19,0-20,0*	18,5-19,5*
$\Phi$ [°]	12	20	12	25	22,5
c [kPa]	19	19	19	10,5	15
E <sub>oed</sub> [MPa]	3,2	4	3,2	14	8,4

Síkalapok teherbírását az Eurocode-7 szabvány D melléklete alapján, a talajtörési ellenállás karakterisztikus, majd tervezési értékének meghatározásával kell végezni. A helyi talajviszonyok mellett a drénezett viszonyok mellett gyors teherfelhordás esetén a drénezetlen teherbírás vizsgálata is szükséges.

## 6. FELHASZNÁLT SZABVÁNYOK ÉS SZAKIRODALOM

A tervezés során a hatályos Eurocode szabványok kerültek felhasználásra:

- EN 1990 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai:
  - MSZ EN 1990:2011 A tartószerkezetek tervezésének alapjai
- EN 1991 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások:

- MSZ EN 1991-1-1:2005 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei
- MSZ EN 1991-1-3:2016 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Hóteher
- MSZ EN 1991-1-4:2005/A1:2011 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Szélhatás
- EN 1992 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése:
  - MSZ EN 1992-1-1:2010 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok
- EN 1997 Eurocode 7 Geotechnikai tervezés
  - MSZ EN 1997-1:2004/A1:2015 Általános szabályok
  - MSZ EN 1997-2:2008 Geotechnikai vizsgálatok
- e-ÚT 06.02.11:2022 Útügyi Műszaki Előírás:
  - Közutak létesítésének általános geotechnikai szabályai

A tervezés során az alábbi szakirodalmak kerültek felhasználásra:

- Szepesházi Róbert: Geotechnikai tervezés, Business Media Magyarország Kft., Budapest, 2008.
- Szepesházi Róbert: Cölöpalapok méretezése az Eurocode 7 követelményei szerint – Doktori értekezés, Miskolci Egyetem, 2011.

## 7. ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁSOK

A feltalaj/gyökérzóna burkolatok fogadására nem alkalmas, földműanyagként nem hasznosítható (M-6), így azt a kivitelezés megkezdése előtt el kell távolítani!

A tervezett szerkezetek nyomvonalában található közműveket a kivitelezés kezdetén fel kell tárni, amennyiben szükséges, azokat ki kell váltani vagy meg kell szüntetni a szakhatóságok bevonásával.

A darupálya nyomvonalában a munkagödör feltöltésének anyaga szürkésfekete, építési törmelékes, kavicsos agyagos homok, mely izzítási veszteség vizsgálatok alapján nem minősült szervesnek (LOI~2,5-3,7%), ugyanakkor a visszatöltött anyag állapotát tekintve gyenge minőségű, ennek megfelelően a rá épülő létesítmények kivitelezésének megkezdése előtt a feltöltés újra tömörítése szükséges, melyet réteges tömörítés mellett kell elvégezni. A beavatkozásra vonatkozóan két megoldást tartunk megvalósíthatónak. A visszatöltés anyagát -2,0m mélységig javasoljuk kisorsolni, majd rétegenkénti beépítés és tömörítés mellett visszaépíteni! Ez esetben a földmunkákat nyári, csapadékszegény időszakban javasoljuk elvégezni, elkerülve a víztelenítési problémákat. Egy másik megoldás lehet a dinamikus mélytömörítéssel végzett talajjavítása a nem megfelelően tömörített talajzónának.

Az útpályaszint és a vasúti pálya alatt 2,0m vastagságú nagy teherbírású, vízmozgásra nem érzékeny talajzóna kialakítása javasolt, amely az 1,0-1,5m vastag, jellemzően középtömör állapotú feltöltésre további 50-80cm vastagságú fagyvédő- és javítóréteg, valamint pályaszerkezet építésével kialakítható.

A területen meglévő aszfalt- és betonburkolatot a nagy vastagságú épített feltöltés alatt bennhagyhatónak tartjuk.

A feltöltés heterogenitása miatt annak kötöttebb- és szervesanyag tartalmú részeit, valamint a felső humuszos zónát el kell távolítani, és ezeken a részeken 0-50cm vastagságban talajcserét kell végezni.

A kedvezőtlen altalajviszonyok miatt térszín fölé történő építkezést javasoljuk, továbbá a javítóréteg alatt geoműanyagokkal való talajmegerősítést javasolunk alkalmazni az általános földmunkák területén.

A feltárt talajok fagyérzékeny (X-2) és fagyveszélyes (X-3) kategóriába tartozó talajok, amelyek teherbírása vízre érzékeny. Ez alapján a burkolatok alá fagyvédő és javítóréteg beépítése szükséges.

Földműanyagként való alkalmazás szempontjából a magas plaszticitással jellemezhető C\* rétegen kívül, mely M-5 kategóriájú, valamennyi talajréteg megfelelőnek (M-3) (Feltöltés, Munkagödör feltöltés, F réteg), valamint elfogadhatónak (M-4) (A réteg, B réteg, C réteg, D réteg, F réteg) minősül, így a területrendezés során készülő földmunkához optimális víztartalom mellett felhasználhatók.

A feltöltés azzal a feltétellel sorolható M-3 kategóriába, hogy a durva épülettörmelékeket rostálással el kell távolítani belőle, továbbá visszatölteni csak szerves szennyeződéstől mentes talajokat szabad.

## 8. SZERZŐI JOGOK

A jelen műszaki leírás tárgyát képező építmény terveire vonatkozóan a jelenleg hatályos 1999. évi LXXVI. törvény az irányadó.



Dr. Szendefy János, Phd.

Geotechnikai szakértő és tervező

Okleveles építőmérnök

MK.: 14-01063



Hübner Balázs

Okleveles építőmérnök

**A kivitelezés, illetve az ellenőrzések és tervezés során felmerülő egyéb szakkérdések megválaszolására készséggel állunk tisztelt Megbízó rendelkezésére.**