



KÖRNYEZETI HATÁSVIZSGÁLATI DOKUMENTÁCIÓ

Turai geotermikus erőmű bővítés

Arctic Green Terv Kft.

1117 Budapest

Alíz utca 4.

www.arcticterv.hu

info@arcticterv.hu

Tel.: +36 1 800 9660

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	3
1 Bevezetés, előzmények	13
1.1 Az engedélykérő adatai	14
1.2 Tervező cég adatai	15
1.3 Előzmények	16
1.3.1 Előzetes Vizsgálati eljárások	16
1.3.2 Vízigény engedélyek	17
1.3.3 Kiserőművi engedélyek és építési engedélyek	19
2 Tervezett tevékenység bemutatása.....	20
2.1 Tervezett tevékenység általános bemutatása, a tevékenység volumene	20
2.1.1 Fő paraméterek, folyamatábra	20
2.1.2 Vízigény számítás.....	22
2.2 A tevékenység helye és területigénye	23
2.2.1 Geotermikus erőmű és a termálkutak	23
2.2.2 Tervezett vezeték nyomvonala	25
2.3 A megvalósítás részletes bemutatása	25
2.3.1 Meglévő és maradó létesítmények.....	26
2.3.2 Gépészet.....	28
2.3.3 Segédközeges erőmű.....	30
2.3.4 Összekötő csővezeték.....	34
2.3.5 A tevékenységhez kapcsolódó anyagáramok.....	34
2.4 Megvalósulás, üzemelés	35
2.4.1 A rendszer működése.....	35
2.4.2 Karbantartás	36
2.4.3 Összetartozó tevékenységek	37
2.5 Számításba vett fő változatok és elvetésük indoka.....	37
2.6 Felhagyás	37
2.7 A tevékenység elmaradásából származó környezeti következmények	38
2.8 A tevékenység megkezdésének várható időpontja és időtartama és kapacitáskihasználás.....	38
3 TERVEZÉSI TERÜLET BEMUTATÁSA	39
3.1 A vizsgált terület általános bemutatása.....	39
3.2 A vizsgált területek területfelhasználási módja	39
3.3 Veszélyes üzemek	41
3.4 Természeti katasztrófáknak (különösen földrengések, vízkárok) való kitettség bemutatása.....	41
3.5 A vizsgált terület földtani adottságainak ismertetése	41
3.6 A vizsgált terület felszíni-, felszín alatti vizei.....	42
3.6.1 Felszíni vizek	42
3.6.2 Felszín alatti vizek.....	44
3.6.3 Felszín alatti víz szempontjából érzékeny területek	46
3.6.4 A termálvízadó víztest minőségi és mennyiségi állapota.....	47

3.6.5	Vízkémia.....	47
3.7	A vizsgált terület éghajlata, levegőkörnyezetének állapota.....	50
3.7.1	Alapvető éghajlati adottságok	50
3.7.2	A terület levegőminősége	51
3.8	A telephely és környezetének zajvédelmi jellemzése.....	53
3.8.1	A vizsgált helyszín részletes leírása	53
3.8.2	Vonatkozó zajkibocsátási határértékek	54
3.8.3	Jelenlegi alapállapot	55
3.9	A vizsgált terület védett területei és értékei	57
3.9.1	Kulturális örökség védelme.....	57
3.9.2	Bányatelkek és koncesszióra kijelölt területek.....	59
3.10	Várható éghajlatváltozás a vizsgált területen	60
3.10.1	Globális és európai változások [2].....	63
3.10.2	Az éghajlatváltozás által befolyásolt projekt azonosítása	65
3.10.3	Érzékenység vizsgálat.....	65
3.10.4	A projekthelyszín kitettsége értékelése	68
3.10.5	A potenciális hatások elemzése	103
3.10.6	Kockázatelemzés	106
3.10.7	Adaptációs intézkedések.....	112
4	A TEVÉKENYÉG MEGVALÓSÍTÁSÁNAK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI. 117	
4.1	TELEPÍTÉS HATÓTÉNYEZŐI ÉS HATÁSFOLYAMATAI	117
4.1.1	Levegőtisztaság-védelem	117
4.1.2	Zaj- és rezgésvédelem	134
4.1.3	Hulladékgazdálkodás.....	138
4.1.4	Felszíni- és felszín alatti vizek, talajvédelem.....	139
4.1.5	Védett területek, épített környezet, tájkép	140
4.2	ÜZEMELÉS HATÓTÉNYEZŐI ÉS HATÁSFOLYAMATAI	141
4.2.1	Levegőtisztaság-védelem	141
4.2.2	Zaj- és rezgésvédelem	141
4.2.3	Hulladékgazdálkodás.....	147
4.2.4	Felszíni vizek, talajvédelem	147
4.2.5	Felszín alatti vízre gyakorolt hatás	147
4.2.6	Védett területek, épített környezet, tájkép	154
4.3	FELHAGYÁS HATÓTÉNYEZŐI ÉS HATÁSFOLYAMATAI	155
4.3.1	Levegőtisztaság-védelem	155
4.3.2	Zaj- és rezgésvédelem	155
4.3.3	Hulladékgazdálkodás.....	155
4.3.4	Felszíni- és felszín alatti vizek, talajvédelem.....	156
4.3.5	Védett területek, épített környezet, tájkép	156
4.4	ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK.....	157
4.4.1	Az üvegházhatású gázok várható kibocsátása.....	157
4.4.2	Alkalmazkodási intézkedések, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, illetve ellentételezését szolgáló intézkedések bemutatása	158
4.4.3	Annak számításokkal alátámasztott bemutatása, hogy a tervezett tevékenység hogyan érinti az üvegházhatású gázok megkötését vagy növényzet általi elnyelését	160

5	Környezetterhelést okozó balesetek, meghibásodásokból adódó hatótényezők	161
5.1	Kivitelezés szakaszához kapcsolódó nem várt események elhárítása.....	161
5.1.1	Lokalizációs terv	161
5.1.2	Kárelhárítási terv	162
5.1.3	Munka- és tűzvédelmi szabályok.....	163
5.2	Üzemelés szakaszához kapcsolódó nem várt események elhárítása.....	164
6	Környezetvédelmi intézkedések.....	165
7	Összefoglaló.....	166
8	Irodalomjegyzék	170

Táblázatjegyzék

1. táblázat: A 314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet 1. sz. és 3. sz. mellékleteinek releváns pontjai	14
2. táblázat: Tervező cég adatai	15
3. táblázat: Engedélyezési dokumentációban részt vevő szakértők és jogosultságaik.....	15
4. táblázat: Előzetes vizsgálati eljárások engedélyei	16
5. táblázat: Termelő- és visszasajtoló (T-1 és V-1) kutak engedélyei	17
6. táblázat: V-1A kút engedélyei	17
7. táblázat: Tu-4 kút engedélyei	18
8. táblázat: Összekötő csővezeték engedélyei	18
9. táblázat: Hidegvíz kutak, tározó és szikkasztó műtárgyak engedélye	18
10. táblázat: Talajvíz figyelőkutak engedélye	19
11. táblázat: Üzemeltetési engedélyek	19
12. táblázat: Egész évben várható vízigény és a kitermelt vízmennyiség.....	22
13. táblázat: Érintett ingatlanok fő paraméterei	25
14. táblázat: Kitermelő és visszasajtoló kutak jellemző adatai	27
15. táblázat: Léghűtő műszaki adatai (1 db rotor)	33
16. táblázat: Geotermikus rendszer összefoglaló adatai.....	35
17. táblázat: Vizsgálati jegyzőkönyvek adatai	47
18. táblázat: Vízanalitikai eredmények (termelőkutak).....	48
19. táblázat: Szerparált gázösszetétel (minta)	50

20. táblázat: Szerparált levegőmentes gázösszetétel	50
21. táblázat: Az Eger, Malomárok u. 1. alatti mérőállomáson 2023-ban mért fontosabb átlag- és maximum értékek.....	52
22. Táblázat: Vonatkozó zajkibocsátási határértékek	54
23. Táblázat: Zajterhelési határértékek.....	55
24. Táblázat: Méréshez használt műszerek.....	55
25. táblázat: Meteorológiai viszonyok	56
25. táblázat: Mérési pontok helye	57
27. táblázat Vizsgálati eredmények és értékelésük.....	57
28. táblázat: Környező bányatelkek jellemző adatai	59
29. táblázat: A beruházás éghajlat, éghajlatváltozás befolyásoltságának vizsgálata.....	65
30. táblázat: A tervezett tevékenység érzékenységeinek vizsgálata.....	66
31. táblázat: Várható átlaghőmérséklet változás a 2021-2050 időszakra (°C) a projekthelyszínen	71
32. táblázat: Forró napok számának várható változása a 2021-2050 időszakra (napok száma) a projekthelyszínen	77
33. táblázat: Hirtelen hőmérsékleteséssel (10 °C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása a 2021-2050 időszakra (napok száma) a projekthelyszínen	77
34. táblázat: Az évszakonkénti csapadékinintitás (mm/nap) várható változása 2021-2050 között a projekthelyszínen 1.	79
35. táblázat: Az évszakonkénti csapadékinintitás (mm/nap) várható változása 2021-2050 között a projekthelyszínen 2.	79
36. táblázat: A 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékkal érintett napok éves átlagos számának változása 2021-2050 időszakra a vizsgált klímamodellek alapján (napok száma)	82
37. táblázat: Kitettség - A csapadék várható változása a beruházás területén az 2021-2050 időszakra (mm)	84
38. táblázat: Az évszakonkénti csapadékmennyiség (mm) várható változása 2021-2050 között a projekthelyszínen 1.	84
39. táblázat: Az évszakonkénti csapadékmennyiség (mm) várható változása 2021-2050 között a projekthelyszínen 2.	85
40. táblázat: A tavaszi fagyos napok számának várható változása a 2021-2050 időszakra a projekthelyszínen	89
41. táblázat: Kitettség - A potenciális evapotranszpiráció várható változása a 2021-2050 időszakra a projekthelyszínen.....	96
42. táblázat: Kitettség - A klimatikus vízmérleg várható változása a 2021-2050 időszakra a projekthelyszínen	97

43. táblázat: Kitétségszűzsgálat eredményeinek összefoglalása	102
44. táblázat: A potenciális hatások és következményeik összefoglalása	104
45. táblázat: A beruházást érintő éghajlati paraméter változások érzékenysége és kitétsége ...	105
46. táblázat: Hatás/következmény nagyságrendjének megítélésére szolgáló kategóriák	108
47. táblázat: A valószínűségek értékelésének szempontjai	109
48. táblázat: A valószínűségek és következmény nagyságrendjének értékelése	109
49. táblázat: Mátix értékelés szempontjai, az értékelés eredményeit láthatóvá tevő színek magyarázata	111
50. táblázat: Kockázati érték és kockázat mértékének meghatározása	111
51. táblázat: Kockázatok kategorizálására szolgáló mátix	112
52. táblázat: Az éghajlatváltozás hatásait csökkentő potenciális beruházási intézkedések	114
53. táblázat: Dízel-üzemű munkagépek és szállítójárművek kibocsátás számítási eredményei ...	118
54. táblázat: Erőmű létesítés - talajkitermelési munkák szilárd anyag emisszióinak számítása ..	119
55. táblázat: Erőmű létesítés - tereprendezés, aljzattükör kialakítás földmunkái szilárd anyag emissziójának számítása	119
56. táblázat: Erőmű létesítés - rakodási munkák során jelentkező kiporzás számítása	120
57. táblázat: Erőmű létesítés - belső burkolatlan úton való közlekedés kiporzásának számítása	120
58. táblázat: Vezeték fektetés - talajkitermelési munkák szilárd anyag emisszióinak számítása	121
59. táblázat: Vezeték fektetés - tereprendezés, aljzattükör kialakítás földmunkái szilárd anyag emissziójának számítása	121
60. táblázat: Vezeték fektetés - rakodási munkák során jelentkező kiporzás számítása	121
61. táblázat: Vezeték fektetés - burkolatlan úton való közlekedés kiporzásának számítása	121
62. táblázat: A létesítési fázis egy éves időtartamára felszorozott kibocsátások összegzése	122
63. táblázat: A létesítési fázisban üzemelő légszennyező diffúz forrás adatai	125
64. táblázat: A létesítési fázisban üzemelő légszennyező vonalforrások adatai	126
65. táblázat: Légszennyező diffúz forrás kibocsátásai alapján számított levegőterheltségi állapot jellemző adatai	127
66. táblázat: Légszennyező vonalforrások kibocsátásai alapján számított levegőterheltségi állapot jellemző adatai	129
67. táblázat: A vizsgált terület alap levegőterheltsége, terhelhetősége (minden érték $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben)	131
68. táblázat: Diffúz levegőterhelő forrás hatásterület számítási eredményei	132
69. táblázat: Levegőterhelő vonalforrások hatásterület számítási eredményei	132

70. táblázat Létesítés zajforrásai	134
71. táblázat Építési kivitelezési tevékenységtől származó zajterhelés határértékei	134
72. táblázat: Vizsgálati pont zajterhelése	135
73. Táblázat: Hatásterületi követelmények nappal	137
74. táblázat: Az érintett útszakasz forgalmi adatai	138
75. táblázat: A létesítési fázisban várhatóan képződő hulladékok	138
76. táblázat: A telephely zajforrásai	142
77. táblázat Vizsgálati pont zajterhelése	143
78. Táblázat: Hatásterületi követelmények nappal	144
79. táblázat: Az érintett útszakasz forgalmi adatai	145
80. táblázat Rezgésterhelési határértékek	146
81. táblázat: Az üzemeltetés során várható hulladékok és mennyiségük, kezelésük	147
82. táblázat A modell hidrosztratigráfiai rétegei és az alkalmazott hidraulikai paraméterek	151
83. táblázat Modellezett termelési és visszasajtolási hozam	152
84. táblázat: A felhagyási fázis során várható hulladékok, mennyiségük, kezelésük	155
85. táblázat: Gáztalanítás során keletkező üvegházhatású gázok mennyisége	157

Ábrajegyzék

1. ábra: ORC körfolyamat sematikus ábrája	13
2. ábra: Projekthelyszín	20
3. ábra: Geotermikus kör egyszerűsített folyamatábrája	22
4. ábra: Kitermelő kúterület területfelhasználási módja	24
5. ábra: Visszasajtoló kúterület területfelhasználási módja	24
6. ábra: Tura-2 geotermikus erőmű látványterve	30
7. ábra: Bután ciklus diagram (Forrás: Kaishan erőmű működési leírás)	31
8. ábra: Energiatermelő egység rajza	31
9. ábra: Elpárologtató	32
10. ábra: Előfűtő	32
11. ábra: Léghűtésű kondenzátor rajza	33
13. ábra: Az érintett kistáj	39

13. ábra: Érintett terület területfelhasználási módja.....	40
14. ábra: Kitermelő kúterület és a geotermikus erőmű terület területfelhasználási módja.....	40
15. ábra Tektonikai egységek a Kárpát-medencében (Vozár et al., 2010 után), Tura területe piros ponttal jelölve.....	42
16. ábra: Felszíni víztestek a vizsgált terület környezetében	43
17. ábra A kutatási terület talajvízszint térképe (SZTFH térképszerver).....	44
18. ábra: Tura, 1084 törzsszámú monitoring kút talajvízszintje (2024-2025) (OVF)	45
19. ábra A kutatási terület érzékenységi térképe.....	47
20. ábra Analizált termásvíz Piper-diagramja.....	49
21. ábra: A térségre jellemző transzport szélirányok (Gyöngyös)	51
22. ábra: A vizsgált erőmű környezetében elhelyezkedő automata immisszió mérőállomások (forrás: Google Earth).....	52
23. ábra: Telephely és környezete szabályozási tervlapon.....	54
24. ábra: Mérési pontok a védendő létesítményeknél.....	56
25. ábra: Kulturális örökségvédelmi területek az érintett területen.....	58
26. ábra: Bányatelkek Tura környezetében.....	59
27. ábra: RCP forgatókönyvek lehetséges kimenetelei [5]	61
28. ábra: A globális átlaghőmérséklet változásai (°C tízéves átlagokkal) az 1850-1900 időszakhoz viszonyítva	63
29. ábra: A globális éves átlaghőmérséklet anomáliái az iparosodás előtti (1850-1900 időszakbeli) állapothoz képest hat globális hőmérsékleti adatbázis alapján [7].....	64
30. ábra: Az éves középhőmérsékletek változásának területi eloszlása az 1981-2016 időszakban	70
31. ábra: Kitérttség - Magyarország átlaghőmérséklete az 1961-1990 időszakban (°C).....	71
32. ábra: Kitérttség - Magyarország átlaghőmérséklete az 1971-2000 időszakban (°C).....	72
33. ábra: Hőhullámos napok száma (napi középhőmérséklet > 25°C) az 1981-2016-os időszakban, rácsponthoz képest trendbecslés alapján.....	73
34. ábra: Kitérttség - Hőhullámokkal szembeni kitérttség járási szinten, 2021-2050.....	74
35. ábra: Kitérttség - Hőhullámos napok gyakoriságának változása kistérségi szinten, 2021-2050.	75
36. ábra: Kitérttség - A forró napok száma a beruházás területén az 1961-1990 időszakban (napok száma).....	76
37. ábra: Kitérttség - A forró napok száma a beruházás területén az 1971-2000 időszakban (napok száma).....	76
38. ábra: Az éves csapadékösszeg %-os változása 1961 és 2016 között.....	78

39. ábra: A nyári átlagos napi csapadékkintenzitás (átlagos csapadékos napok száma Magyarországon az 1961-2016 időszakban)	78
40. ábra: Kitérttség - A 30 mm-t meghaladó csapadékos napok száma Magyarországon az 1961-1990 időszakban	81
41. ábra: Kitérttség - A 30 mm-t meghaladó csapadékos napok száma Magyarországon az 1971-2000 időszakban	81
42. ábra: Kitérttség - Átlagos évi csapadékösszeg a beruházás területén az 1961-1990 időszakban (mm)	83
43. ábra: Kitérttség - Átlagos évi csapadékösszeg a beruházás területén az 1971-2000 időszakban (mm)	83
44. ábra: Kitérttség - A módosított Pálfai-féle aszályindex a projektterületen az 1961-1990 közötti időszakban	86
45. ábra: A módosított Pálfai-féle aszályindex várható változása a 2021-2050 időszakra az ALADIN-Climate klímamodell alapján	86
46. ábra: A módosított Pálfai-féle aszályindex várható változása a 2021-2050 időszakra a RegCM klímamodell alapján	87
47. ábra: Kitérttség - A tavaszi fagyos napok száma a beruházás területén az 1961-1990 időszakban	88
48. ábra: Kitérttség - A tavaszi fagyos napok száma a beruházás területén az 1971-2000 időszakban	88
49. ábra: Hatás - A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell alapján, 2021-2050 időszakra (referencia időszak: 1971-2000)	90
50. ábra: Hatás - A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell alapján, 2021-2050 időszakra (referencia időszak: 1971-2000)	90
51. ábra: A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell alapján, 2021-2050 időszakra (referencia időszak: 1971-2000)	91
52. ábra: Hatás - A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell alapján, 2021-2050 időszakra (referencia időszak: 1971-2000)	91
53. ábra: Kitérttség - Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllesek) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell alapján (referencia időszak: 1971-2000)	92
54. ábra: Kitérttség - Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllesek) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell alapján (referencia időszak: 1971-2000)	93

55. ábra: Kitétség - Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllekeések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell alapján (referencia időszak: 1971-2000).....	93
56. ábra: Kitétség - Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllekeések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell alapján (referencia időszak: 1971-2000).....	94
57. ábra: Kitétség - Potenciális evapotranszspiráció a projektterületen az 1961-1990 időszakban (mm).....	95
58. ábra: Kitétség - Potenciális evapotranszspiráció a projektterületen az 1971-2000 időszakban (mm).....	95
59. ábra: Kitétség - Klimatikus vízmérleg Magyarországon az 1961-1990 közötti időszakban.....	96
60. ábra: Kitétség - Klimatikus vízmérleg Magyarországon az 1971-2000 közötti időszakban.....	97
61. ábra: Belvízérzékenység - Komplex belvíz-veszélyeztetettségi valószínűség.....	98
62. ábra: Magyarország villámárvíz veszélytérképe.....	99
63. ábra: Kitétség - Globálsugárzás Magyarországon az 1961-1990 közötti időszakban (MJ/m ²)	100
64. ábra: Kitétség - A globálsugárzás várható változása Magyarországon a 2021-2050 időszakra az ALADIN-Climate klímamodell alapján (MJ/m ²).....	100
65. ábra: Kitétség - A globálsugárzás várható változása Magyarországon a 2021-2050 időszakra a RegCM klímamodell alapján (MJ/m ²).....	101
66. ábra: A WRF modellrendszerrel a vizsgált területre kapott felszínközeli szélsébségek transzport szélirányok szerinti megoszlása (forrás: Google Earth).....	123
67. ábra: Szélsébségi osztályok százalékos megoszlása a WRF modellrendszerrel felszínközeli szelekre kapott adatok alapján.....	124
68. ábra: A levegővédelmi modellszámítás során alkalmazott receptorháló elhelyezkedése (forrás: Google Earth).....	125
69. ábra: Légszennyező források elhelyezkedése (létesítési fázis).....	126
70. ábra: Nitrogén-dioxid várható órás legnagyobb koncentrációja az erőművi telephely környezetében (létesítési fázis; forrás: Google Earth)).....	128
71. ábra: Szálló por (PM ₁₀) várható 24 órás legnagyobb koncentrációja az erőművi telephely környezetében (létesítési fázis; forrás: Google Earth).....	129
72. ábra: Nitrogén-dioxid várható órás legnagyobb koncentrációja a vezeték fektetési munkák környezetében (létesítési fázis; forrás: Google Earth).....	130
73. ábra: Szálló por (PM ₁₀) várható 24 órás legnagyobb koncentrációja a vezeték fektetési munkák környezetében (létesítési fázis; forrás: Google Earth).....	131
74. ábra: Létesítési fázis összesített levegőtisztaság-védelmi hatásterülete.....	133
75. ábra: Létesítés zajtérképe.....	136
76. ábra: Kivitelezés zajvédelmi hatásterülete.....	137

77. ábra: Tervezett zajforrások	142
78. ábra: Üzemelés zajtérképe	143
79. ábra: Zajvédelmi hatástérület	145
80. ábra A modellezés területe a kutakkal	148
81. ábra Földtani modell a kutakon átmenő NyDny-KÉK szelvény mentén a VJE-81jelű szeizmika alapján (Mannvit/ Arcticterv, 2016).....	149
82. ábra A modellezett terület (modellháló (szürke), kútpár (piros és kék jelölők) a rezervoárfelszín szintvonalával.....	150
83. ábra: + 0,2 bar (magenta) illetve - 0,2 bar (kék) nyomásváltozás, illetve az 1°C-os hőmérsékletváltozás (zöld).....	153
84. ábra: + 0,2 bar (magenta) illetve - 0,2 bar (kék) nyomásváltozás, illetve az 1°C-os hőmérsékletváltozás (zöld) a rezervoártető szintjében	154
85. ábra: Jellemző CO ₂ kibocsátási értékek működő a) elektromos- és b) hőerőműre különböző energiahordozók alkalmazása esetén.....	158

Melléklet jegyzék

1. melléklet: Szakértői jogosultságok
2. melléklet: Tervezői meghatalmazás
3. melléklet: Átnézetes helyszínrajz (M=1:10 000)
4. melléklet: Részletes helyszínrajz (M=1:5000)
5. melléklet: A rendszer egyszerűsített folyamatábrája
6. melléklet: Munkaközeg (N-bután) biztonsági adatlapja
7. melléklet: Léghűtők műszaki adatlapja
8. melléklet: Létesítési fázis zajsámítása
9. melléklet: Üzemelési fázis zajsámítása
10. melléklet: Vízkémiai és gázvizsgálati jegyzőkönyvek
11. melléklet: Élővilág-védelmi fejezetek
12. melléklet: Tájképvédelmi fejezetek

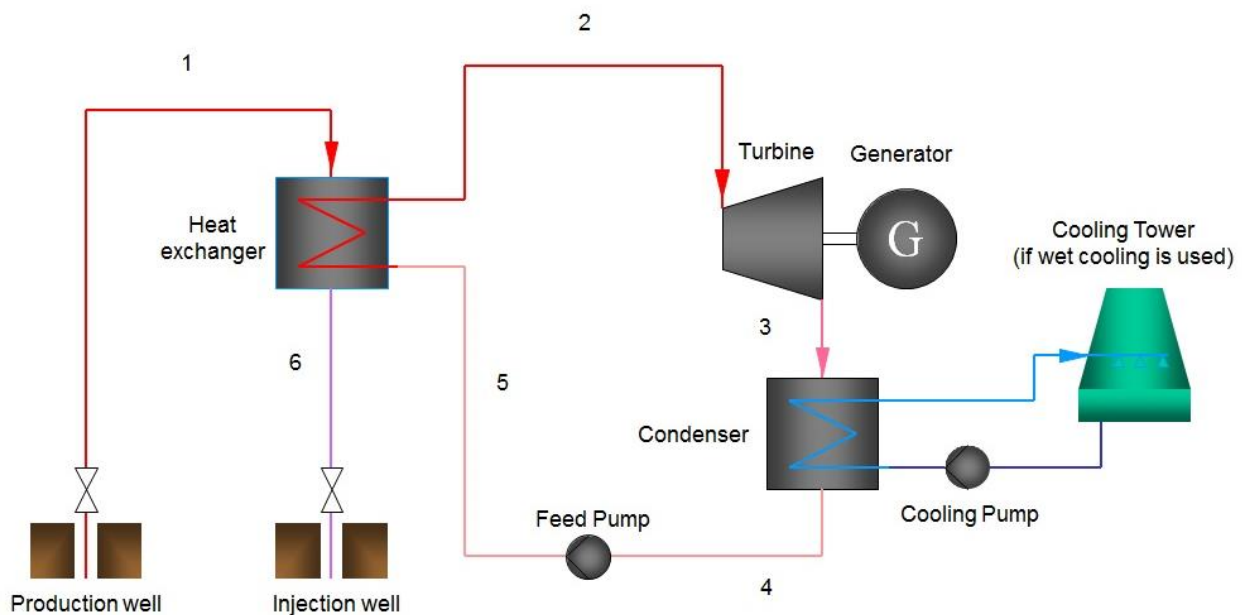
1 Bevezetés, előzmények

Turawell Befektető és Szolgáltató Kft. új geotermikus erőmű létesítését tervezi Turán, a meglévő erőmű helyett, annak közvetlen szomszédságában. Az új geotermikus erőmű (továbbiakban: Tura-2 erőmű) üzembe állítása után, a jelenleg üzemelő geotermikus erőmű (továbbiakban: Tura-1 erőmű) leállításra kerül. Az új geotermikus erőmű a meglévő kutakat fogja használni, új kútúrásra nem kerül sor.

A tervezett Tura-2-erőmű Tura külterületén a 4751/1, 4751/2, 4752, 4753, 4754 helyrajzi számú ingatlanokon létesül.

A tervezett geotermikus erőmű a meglévőhöz hasonlóan az iparágban széles körben alkalmazott ORC (Organic Rankine Cycle, szerves Rankine ciklus) technológiát használja, mely lehetővé teszi a villamos energia előállítását forró vízből. Az ORC körfolyamatban a hőt szállító munkaközeg vízgőz helyett speciális szerves anyag (jelen esetben n-bután), melynek a forráspontja alacsonyabb, mint a vízé. Ennek köszönhetően az erőmű hatékonyan tud működni alacsonyabb hőmérsékletű (<150°C) hőforrások esetén is.

Az ORC körfolyamatot az 1. ábra szemlélteti. A geotermikus fluidum (1.), mint hőforrás a termelő kútból kerül kitermelésre, majd hőcserélőben átadja hőjét a munkaközegnek. A munkaközeg felmelegszik, elpárolog, nyomása növekszik, majd a turbinába lépve (2.) meghajtja a lapátokat, mely ezáltal áramot indukál a generátorban. A túlhevített munkaközeg csökkent nyomáson hagyja el a turbinát (3.) és belép a kondenzátorba, ahol lecsapódik, ismét folyadék halmazállapotúvá válik (4.). Nyomásfokozó szivattyú juttatja a folyadék fázisú munkaközegét (5.) újra a hőcserélőbe. A fenntartható körfolyamat biztosítása érdekében a geotermikus fluidum a hőátadás után visszasajtolásra kerül (6.) az eredeti vízázó rétegbe, ahol újra felmelegszik. A kondenzátorban a hűtés jelen esetben levegővel (száraz hűtés) történik.



1. ábra: ORC körfolyamat sematikus ábrája

A geotermikus erőmű fő paraméterei részletesen a 2.1.1. fejezetben kerülnek bemutatásra.

1. táblázat: A 314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet 1. sz. és 3. sz. mellékleteinek releváns pontjai

314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet 1. sz. melléklet			
Sor-szám	A tevékenység megnevezése	Küszöbérték, feltétel	Érintettség
34.	Felszín alatti vizek igénybevétele egy vízkivételi objektumból vagy objektumcsoportból	5 millió m ³ /év vízkivételtől	IGEN vízkivétel: 8 millió m ³ /év
54.	Vízbesajtolás felszín alatti vízbe	3 millió m ³ /év víz bejuttatásától	IGEN vízbesajtolás: 8 millió m ³ /év

314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet 1. sz. melléklet			
Sor-szám	A tevékenység megnevezése	Küszöbérték, feltétel	Érintettség
74.	Geotermikus energiát kinyerő, hasznosító létesítmény	a) 20 MW teljesítménytől b) ásvány-, gyógy- és ivóvízbázis védőövezeten (ha a tevékenység megkezdését a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellátási létesítmények védelméről szóló jogszabály a védőövezeten nem zárja ki), védett természeti területen, Natura 2000 területen méretmegkötés nélkül (kivéve az egy háztartást ellátó létesítményeket)	NINCS a) villamos teljesítmény: 10,5 MW b) telepítés védett területet nem érint
78.	Gőz- és melegvízelosztó vezeték település külterületén felszín felett vezetve (ide nem értve az üzemen belüli vezetéket)	a) 10 km hosszától b) védett természeti területen, Natura 2000 területen, barlang védőövezetén 1 km hosszától	NINCS felszín feletti vezeték külterületen nem tervezett
80.	Felszín alatti vizek igénybevétele egy vízkivételi objektumból vagy objektumcsoportból (amennyiben nem tartozik az 1. számú mellékletbe)	b) 2000 m ³ /naptól termál rétegvízből	NINCS 1.sz. mellékletbe tartozik
123.	Vízbesajtolás felszín alatti vízbe (amennyiben nem tartozik az 1. számú mellékletbe)	termál víztestek esetén méretmegkötés nélkül	NINCS 1.sz. mellékletbe tartozik

Jelen engedélyezés tárgyát képező tevékenység villamosenergia előállítását szolgáló geotermikus erőmű. Ahogy az 1. táblázatban látható, az engedélyezés alapját a Khvr 1. melléklet 34. és 54. pontjai képezik.

Jelen dokumentum a Turawell Kft. által tervezett Tura-2 erőmű környezeti hatástanulmánya.

A dokumentációt a környezeti hatásvizsgálati eljárásról szóló 314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet vonatkozó fejezeteinek és 6. számú mellékletének figyelembevételével és betartásával készítettük el. A dokumentáció üzleti titkot nem tartalmaz.

1.1 Az engedélykérő adatai

A geotermikus energia hasznosítása céljából az engedélykérő a TURAWELL Befektető és Szolgáltató Kft.

Név:	TURAWELL Kft.
Székhely:	1138 Budapest, Váci út 186.
Cégjegyzékszám:	01 09 901099
Adószám	14374135-2-41
KÜJ szám:	102 975 781

1.2 Tervező cég adatai

Az Arctic Green Terv Kft. (korábbi Mannvit Kft.) 2008-as alapítása óta számos hazai beruházás során kamatoztatta az izlandi tapasztalattal ötvözött magyar szaktudást a geotermikus erőforrások kiaknázásában és a kiaknázási lehetőségek továbbfejlesztésében, teljeskörű tervezési, engedélyezési és kivitelezés támogatási szolgáltatásokat nyújtva megbízói részére.

Az Arctic Green Terv Kft. szakemberein túl a hatásvizsgálati dokumentáció elkészítésében részt vettek a Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt. (székhely: 7633 Pécs, Esztergár L. utca 19., adószám: 11563192-2-02) és a Bimton Expert Kft. (székhely: 1223 Budapest, Csiperke utca 4., adószám: 25294934-2-43) szakértői is.

2. táblázat: Tervező cég adatai

Név:	Arctic Green Terv Kft.
Ügyvezető:	Molnár Gábor
Székhely:	1117 Budapest, Alíz u. 4.
Levelezési cím:	1117 Budapest, Alíz u. 4.
Telefon:	06-1/800-9660
e-mail:	info@arcticterv.hu
Adószám:	14112465-2-43

3. táblázat: Engedélyezési dokumentációban részt vevő szakértők és jogosultságai

KHV készítésében részt vevő szakértők és jogosultságai	
Dr. Ádám László	SZKV-1.3 víz- és földtani közegvédelem SZVV-3.9 Vízfeltárás, kútúrás, vízföldtani, vízbázis-védelem
Bruckner Attila	SZTV élővilágvédelem SZTjV tájvédelem
Gyöpös Péter	SZKV-1.1 Hulladékgazdálkodás, SZKV-1.2 Levegőtisztaság-védelem, SZKV-1.3 Víz- és földtani közeg védelem SZKV-1.4 Zaj- és rezgésvédelem K-Sz Klímavédelmi szakértő
Major Balázs	SZKV-1.4 Zaj- és rezgésvédelem
Pásztóhy Bálint Domonkos	SZKV-1.2 Levegőtisztaság-védelem SZKV-1.1 Hulladékgazdálkodás
Szulimán Szilvia	SZKV-1.1 Hulladékgazdálkodás SZKV-1.3 Víz- és földtani közeg védelem K-Sz Klímavédelmi szakértő

A szakértői jogosultságok igazolását a **1. melléklet**be csatoltuk, a tervezői meghatalmazás az **2. melléklet**ben látható.

1.3 Előzmények

A Tura-1 geotermikus erőmű 2017 óta üzemel Turán. Az erőmű Magyarország első geotermikus erőműve.

A hasznosítást lehetővé tevő kútpár lefűrésására 2011-ben került sor. A fúrást követő tesztek eredményei alapján egyértelművé vált, hogy a lefúrt visszasajtolónak szánt kút (V-1) hozama és hőmérséklete a várakozásokon felüli, meghaladja az eredetileg termelőnek szánt kútból (T-1) kinyert hévíz hozamát és hőmérsékletét is, így a kutak funkcióit felcserélték.

A V-1 kútból felszínre került hévíz hőmérséklete ($>120^{\circ}\text{C}$) lehetővé tette továbbá, hogy a közvetlen hőenergia hasznosításon túl a geotermikus energia villamos áram termelésére is felhasználható legyen.

2020-ban újabb termelőkutakat (V1-A) létesítettek, melynek maximális hozama 200 l/s, a kifolyó víz hőmérséklete $>120^{\circ}\text{C}$. Tura-1 erőmű hőforrását a továbbiakban a V-1A kút szolgáltatta,

Az elektromos energiatermelés a hőfok által determináltan ún. ORC (Organic Rankine Cycle) típusú erőműben valósítható meg. E a technológiában a kitermelt termálvizet nem közvetlenül fogják munkára. A turbinákra vezetett munkaközeg egy, a víznél alacsonyabb forráspontú szerves folyadék, melynek termikus tulajdonságai a hagyományos gőzturbinás erőműveknél alacsonyabb üzemi hőmérsékleten nagyobb hatásfokú energiatermelést tesznek lehetővé. A munkaközeg és a termálvíz egymástól elszeparált rendszerben keringetett, a hévíz hőtartalma hőcserélőkön keresztül adódik át.

A kutak kivitelezését követő években megtervezésre, majd 2014 év során engedélyeztetésre került a geotermikus erőmű, valamint a kapcsolódó létesítmények, így a visszasajtoló csővezeték, az elektromos vezetékek, és az energiatermeléshez szükséges egyéb berendezések. A Kiserőművi Összevont Engedélyt a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal 19/2015 számú határozatával (ügyiratszám: VFSO-22/1/2015) 2015. január 12-én adta ki.

A kutak lefűrésát, valamint az engedélyeztetési eljárások lefolytatását követően a kivitelezési munkálatok a gazdasági helyzetre való tekintettel nem indultak meg azonnal. A kialakult helyzet 2016 során oldódott meg, mikor az engedélyes projekt cég többségi tulajdonát egy nemzetközi befektető vásárolta meg, amely társaság azonnal nekilátott a megkezdett munkálatok folytatásának.

Az új résztvevőnek köszönhetően a 2014 során tervezett technológia némiképp módosult, a befektető csoport nagyobb kapacitással és a saját berendezéseivel kívánta Magyarország első geotermikus alapon működő áramtermelő erőművét felépíteni.

1.3.1 Előzetes Vizsgálati eljárások

A Tura-1 erőmű környezetvédelmi engedélyezéséhez kapcsolódó előzetes vizsgálati eljárásokat a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat: Előzetes vizsgálati eljárások engedélyei

Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
KTVF: 1734-21/2011.	KDV KTVF	„Tura Organic Garden” elnevezésű üvegházás kertészet termálkutas hőhasznosítással és vízvisszasajtolással - előzetes vizsgálat
KTF:34020-20/2014	KDV KTVF	„Tura Organic Garden” elnevezésű üvegházás kertészet termálkutas hőhasznosítással és vízvisszasajtolással történő létesítésének ügyében kiadott előzetes vizsgálati eljárást lezáró KTVF:1734-21/2011. számú jogerős határozat módosítása

1.3.2 Vízzaji engedélyek

1.3.2.1 T-1 és V-1 kutak

A termelő- és visszasajtoló kutak 2011-2012 között megvalósultak, a kivitelezés alapját jelentő korábbi engedélyeik jellemző paramétereit az 5. táblázatban foglaltuk össze.

A T-1 és V-1 termálkutak vízikönyvi száma: 8.4/G/71

5. táblázat: Termelő- és visszasajtoló (T-1 és V-1) kutak engedélyei

Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
4170-7/2011	KDV KTVF	5679/5 és 4756 hrsz alatti ingatlanokon létesülő 1 db hévíztermelő és 1 db visszasajtoló kút geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum ellátására - vízzaji engedély
4170-13/2011		Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjai vízzaji létesítési engedélyének módosítása (a létesítési engedély kiegészítése plusz egy visszasajtoló kúttal (Tu V-2 jelöléssel))
1549-1/2012		Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjai vízzaji létesítési engedélyének módosítása és kiegészítése (a határozat a kutak megvalósítását követően tervezett funkcióik megcserélésére adott engedélyt)
1549-2/2012		Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjai vízzaji létesítési engedélye - határozat kijavítása (a határozatban az előző határozat adminisztratív hibáját javították)
15665-4/2013		Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjai vízzaji létesítési engedélyének módosítása (A KTVF 4170-7/2011 számú engedély hatályának meghosszabbítása 2015.március 31-ig)
1324-3/2016	FKI KHO	Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjainak vízzaji üzemeltetési engedélyezése ügyében eljárás felfüggesztése

1.3.2.2 V-1A kút

V1-A jelű kút melléfúrásos felújításaként a V-1 jelű termálkút kiváltására került kialakításra. A Tura-1 erőmű működéséhez szükséges termálvizet a V-1A kút szolgáltatja jelenleg, a V-1 kút nem üzemel. Az új geotermikus erőmű (Tura-2 geotermikus erőmű) hőforrásaként mind a V-1, mind a V-1A kút üzemelni fog.

A V-1A kút vízikönyvi száma: 8.4/G/75

6. táblázat: V-1A kút engedélyei

Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
35100-11155/2020	FKI KHO	Tura, 4753 hrsz. -ú ingatlanon V-1A jelű termálkút vízzaji létesítési engedélye

1.3.2.3 Tu-4 kút

A geotermikus körbe az 1962-63 során, szénhidrogén kutatófúrásként létesült Tu-4 jelű kút - mint visszasajtoló kút - is bevonásra került. A Tu-4 kutat a helyi MgTsz 1971-1990 között földtér fűtésre használta. Tekintettel az évtizedekkel ezelőtti megvalósításra, a Tu-4 esetében létesítési engedély nem áll rendelkezésre, a kút azonban üzemeltetési engedélyekkel rendelkezett. Ezek összefoglaló adatait a 7. táblázat tartalmazza.

A Tu-4 kút vízikönyvi száma: 8.4/G/69

7. táblázat: Tu-4 kút engedélyei

Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
H.52.421-8/2001	KDV VIZIG	Tura, Tura 4 jelű (K50-es) hévízkút üzemeltetési engedélye (Engedélyes: Tura Nagyközség Önkormányzata)
35729-2/2009	KDV KTVF	Tura, Tura 4 jelű (K50-es) hévízkút vízjogi üzemeltetési engedély módosítása (új engedélyes: Tura Therm Hévízhasznosító Kft.)
1421-2/2016	FKI KHO	Tura, Tura 4 jelű (K50-es) hévízkút vízjogi üzemeltetési engedély módosítása ügyében eljárás felfüggesztése

A Tu-4 kút vízjogi üzemeltetési engedélyese a KDV KTVF 35729-2/2009. számú határozatának megfelelően a Tura Therm Hévízhasznosító Kft. A Tura Therm Hévízhasznosító Kft. a Turawell Kft. részére 2017. október 30-án adott nyilatkozatot a Tu-4 kút üzemeltetési jogainak Turawell Kft. részére történő átadásáról.

1.3.2.4 Összekötő csővezeték

A termelő és visszasajtoló kutakat összekötő csővezeték víziójogi engedélyeit a 8. táblázatban foglaltuk össze. Az összekötő csővezeték 2016 telén – 2017 tavaszán létesült.

Az összekötő csővezeték vízikönyvi száma: 8.4/g/70.

8. táblázat: Összekötő csővezeték engedélyei

Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
1549-5/2012	KDV KTVF	Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjait összekötő csőhálózat vízjogi létesítési engedélye
1281-9/2014	KDV VH	Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjait összekötő csőhálózat KTVF: 1549-5/2012. számú vízjogi létesítési engedélyének módosítása (Vízjogi létesítési engedély hatályosságának módosítása 2014. december 31-ig)
892-8/2015	FKI KHO	Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjait összekötő csőhálózat vízjogi létesítési engedélyének módosítása (Vízjogi létesítési engedély hatályosságának módosítása 2017. június 30-ig)
1324-16/2016		Tura, geotermikus energiát hasznosító zöldségtermelő üvegházkomplexum hévíztermelő és visszasajtoló kútjait összekötő csőhálózat vízjogi létesítési engedélyének módosítása (Az engedélyezett csőhálózat műszaki paramétereinek módosítása, érintett ingatlanok listájának kiegészítése)

1.3.2.5 Hűtővíz kör létesítményeinek engedélyei

A hidegvíz kör létesítményeinek (2 db rétegvíz kút, víztározó és szikkasztó műtárgy) engedélyét a 9. táblázat tartalmazza. A műtárgyak 2017 nyarán valósultak meg.

A hidegvíz kör műtárgyainak vízikönyvi száma: 8.4/g/73.

8.4/g/83.

8.4/g/76.

9. táblázat: Hidegvíz kutak, tározó és szikkasztó műtárgyak engedélyei

Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
4379-2/2017	FKI KHO	Tura, Turawell Kft. geotermikus erőművének üzemeltetéséhez szükséges 2 db rétegvíz kút, víztározó és szikkasztó műtárgy vízjogi létesítési engedélye
35100/14238-11/2020.ált.	FKI-KHO	Turai geotermikus erőmű ellátásához, 4753 és 4755 hrsz. alatti ingatlanokon létesülő HV-4 és HV-5 kutak vízjogi létesítési engedélye

A használt hűtővíz szikkasztás talajvízre gyakorolt hatásának nyomon követéséhez szükséges figyelő kutak engedélyének adatait a 10. táblázat tartalmazza.

A talajvíz figyelőkutak vízikönyvi száma: 8.4/g/84

10. táblázat: Talajvíz figyelőkutak engedélye

Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
6689-9/2017	FKI KHO	Tura, Turawell Kft. geotermikus erőművének szikkasztó műtárgya mellett létesítendő 2 db talajvízfigyelő kút vízjogi létesítési engedélye

A Tura-1 erőművel ellentétben a Tura-2 erőmű hűtése kizárólag léghűtéssel lesz biztosítva, így a hűtővízkör a Tura-1 erőművel egyidejűleg leállításra kerül. A többi létesítmény a Tura-2 erőmű működéséhez szükséges.

1.3.2.6 Üzemeltetési engedélyek

11. táblázat: Üzemeltetési engedélyek

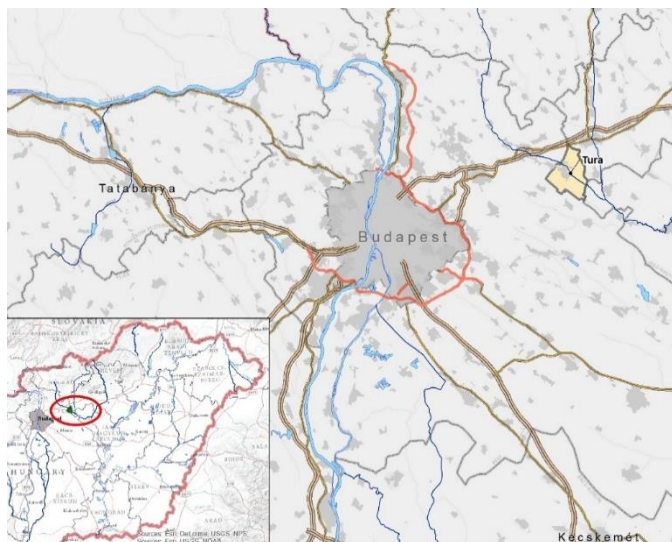
Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
FKI-KHO: 9976-12/2017	FKI KHO	Turai Geotermikus Erőmű egységes vízjogi üzemeltetési engedélye
35100/8166/2023.ált	FKI KHO	Turai Geotermikus Erőmű egységes vízjogi üzemeltetési engedélyének módosítása

1.3.3 Kiserőművi engedélyek és építési engedélyek

Iktatószám	Kiadmányozó hatóság	Tárgy
ÉB-23/2014-M-J	Budapest Főváros Kormányhivatala XII. Kerületi Hivatala	Kiserőmű építési engedély (módosított) Tura, 4755 hrsz.-ú ingatlanon geotermikus kiserőmű létesítése (javító határozat)
HB-9/2017	Budapest Főváros Kormányhivatala XII. Kerületi Hivatala	Kiserőmű használatbavételi engedély Tura, 4755 hrsz.-ú ingatlanon 1,65 MW beépített teljesítményű geotermikus kiserőmű létesítése
VFSO-22/1/2015 (VFSO-562/2014)	MEKH	Kiserőművi összevont engedély és a kötelező átvétel meghatározása
ÉB-19/2016	Budapest Főváros Kormányhivatala	Termelői hálózat építési engedélye
HB-8/2017	Budapest Főváros Kormányhivatala XII. Kerületi Hivatala	Termelői hálózat használatbavételi engedély Tura, 4755 és 4759/1 hrsz. ingatlanokon létesített geotermikus kiserőmű hálózatra csatlakoztatása, külső kezelőterű transzformátor (BHTR) állomás(ok) és 20 kV-os termelői földkábel hálózat létesítése

2 Tervezett tevékenység bemutatása

2.1 Tervezett tevékenység általános bemutatása, a tevékenység volumene



2. ábra: Projektbelszín

A tervezett projekt Tura városában, Pest megyében található, 30 km-re Budapesttól, jól megközelíthető autópályán és vasúton. Tura egy 8 000 lakosú, gyorsan fejlődő település. A város mezőgazdasági jellegű, főként családi házakkal és egy kisebb városközponttal rendelkezik.

Az első geotermikus erőmű építése 2017-ben kezdődött, első szakaszát 2018-ban helyezték üzembe. Az erőmű azóta is üzemel. A Turawell Kft. szeretné a jelenleg működő geotermikus erőmű kapacitását növelni, így a meglévő Tura-1 erőmű mellé egy új geotermikus erőmű létesítését tervezi. A jelenleg működő Tura-1 erőmű, az új Tura-2 erőmű beüzemelésékor lekapcsolásra kerül.

A projektben alkalmazott bináris, vagy segédközegezes erőmű (Organic Rankine Cycle, ORC) a felszín alól

kitermelt meleg vizet arra használja, hogy hőcserélőn keresztül felfűtsön egy másodlagos munkaközeget (jelen esetben butánt), amely a víznél alacsonyabb forráspontú szerves vegyület. A felfűtött folyadék gőze hajtja meg a turbinákat. A turbinák által termelt villamos energia a közcélú hálózatra kerül csatlakoztatásra.

A tervezett geotermikus erőmű a meglévő Tura-1 Erőmű (2194 Tura külterület, hrsz 4755, 4756) mellett kerül létesítésre külterületen a 4751/1, 4751/2, 4752, 4753, 4754 helyrajzi számú ingatlanokon. A meglévő erőmű leválasztásra kerül. A tervezett új geotermikus erőmű éves üzemideje 8000 óra, beépített teljesítménye: 10,5 MW.

A tervezett geotermikus erőmű hűtése kizárólag léghűtéssel tervezett. A termálvizet a V-1 (4755 hrsz) és V-1A (4753 hrsz) kutak szolgáltatják az erőműnek, visszasajtolás pedig a T-1 (5679/5 hrsz) és Tu-4 (5679/3 hrsz) jelű kutakba tervezett. Új kút fúrására nem kerül sor.

2.1.1 Fő paraméterek, folyamatábra

Meglévő létesítmények (Tura-1 erőmű):

Az erőmű működésének alapját jelentő geotermikus létesítmények, azaz a termelő kút, a visszasajtoló kút és a kutakat összekötő csővezeték (geotermikus kör) engedélyeztetése 2011-2012 során lezajlott, majd egészen 2016-ig többször is módosításra került. A V-1 és T-1 kutak kivitelezése még 2012-ben lezárult. A meglévő Tura-1 erőmű működéséhez szükséges csővezeték kiépítésére azonban csak 2016-2017 telén-tavaszán került sor. A rendszer üzemeltetéséhez szükséges gépészeti-, energia ellátási- és irányítástechnikai rendszer 2017-ben került kiépítésre. A kapacitásnövelés érdekében melléfúrásos módszerrel kialakításra került a V-1A jelű kút 2022-ben, mely leváltotta a V-1 termelő kutat.

Tervezett projekt (Tura-2 erőmű)

A tervezett projekt során, a termálvizet a meglévő V-1 (4755 hrsz) és V-1A (4753 hrsz) kutak szolgáltatják az erőműnek, visszasajtolás pedig a T-1 (5679/5 hrsz) és Tu-4 (5679/3 hrsz) jelű kutakba tervezett. Új kút fúrására nem kerül sor. Az ORC erőmű gépészeti berendezései felszínen, épületen kívül egy beton lemezalapra kerülnek

elhelyezésre. A geotermikus termelő rendszer berendezéseinek egy része – úgy, mint a nyomástartó berendezések, biztonsági és elzáró szerelvények – önálló betonlapra, szintén kültérre kerülnek.

Az erőműben, az ORC egység két, viszonylag független munkaközeg-körfolyamatra van osztva. Az energiatermelő egység és a kondenzátor közös a két kör számára, míg a többi fő berendezés egymástól függetlenül működik. A V-1 jelölésű hévíz termelő kút ~83 l/s-os térfogatáramú, illetve a V-1A jelölésű hévíz termelő kút ~194 l/s-os térfogatáramú, tehát összesen ~278 l/s térfogatáramú, ~120°C-os fluidumot táplál a rendszerbe. A szűrés és gázleválasztás után a termásvíz belép az erőmű hőhasznosító egységeibe (először az elpárologtatóba, majd az előfűtőbe), ahol átadja hőjét az erőmű munkaközegének (bután), mely a hő hatására elpárolog. A munkaközeg ezután belép a turbínába. Az expanzióknak köszönhetően a gáz munkát végezve és a turbina tengelyét megforgatva meghajtja a kéttengelyű generátort, ami elektromos áramot állít elő. A turbínát elhagyó, alacsony nyomású gáz ezt követően egy léghűtésű kondenzátoron áramlik át, ahol lehűl és ismét folyadékká alakul. A folyadék halmazállapotú munkaközeg egy szivattyú nyomásfokozás után visszajuttatja az előfűtőbe, ahol a körfolyamat újra kezdődik. A lehűlt geotermikus fluidum a hőcserélőket követően egy újonnan létesített felszín feletti vezetéken kerül elvezetésre a visszasajtoló kutakhoz (T-1, Tu-4) melyeken keresztül abba a felszín alatti rétegbe kerül visszasajtolásra, melyből származik.

A geotermikus kör zárt rendszert képez, a keringtetett geotermikus fluidum a külvilággal nem lép kapcsolatba – kivételt ez alól a hőcserélők képeznek, ám ezen berendezésekben is csak hőtranszfer valósul meg – a fluidumba vegyi anyag a környezetből nem kerül, a magas nyomásnak köszönhetően abból kiválás nem történik, kémiai összetétele a felhasználás során nem változik. A szükséges hő levételét követően a kitermelt mennyiség teljes egésze visszasajtolásra kerül.

A tervezett erőmű léghűtéssel biztosítja a rendszer hűtési igényét.

Termelőkutak:

- V-1 termálkút Mélység: 1 489 m,
Kifolyó hőmérséklet kb. 127 °C,
Fúrás éve: 2011
Rezervoár: eocén – mészkő
- V-1A termálkút Mélység: 1 800 m,
Kifolyó hőmérséklet kb. 125 °C,
Fúrás éve: 2020
Rezervoár: eocén – mészkő

Visszasajtoló kutak:

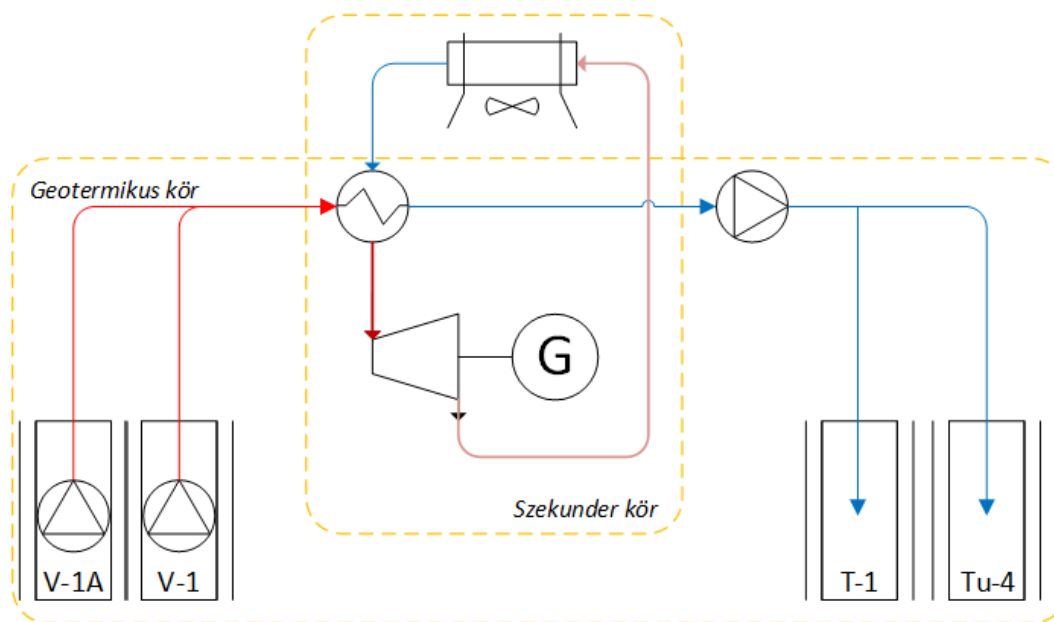
- T-1 termálkút Mélység: 1951,6 m,
Talphőmérséklet kb. 125 °C,
Fúrás éve: 2011
Rezervoár: triász – mészkő
- Tu-4 felhagyott CH kút Mélység: 2091,7 m,
Talphőmérséklet kb. 128,2 °C,
Fúrás éve: 1962-1963
Rezervoár: eocén – mészkő

Tervezett Tura-2 geotermikus erőmű főbb adatai:

- Éves üzemidő: 8000 óra
- Kitermelt termásvíz:
 - V-1A: 700 t /h = 194 l/s

- V1: 300 t/h = 83 l/s
- Összesen: 1 000 t/h = 278 l/s
- Beépített teljesítmény: 10,5 MW
- Munkaközeg: N-bután
- Hűtés: Léghűtés

A geotermikus kör és a szekunder kör kapcsolatát egyszerűsített formában az 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: Geotermikus kör egyszerűsített folyamatábrája

A rendszer folyamatábráját a **7. melléklet** mutatja be.

2.1.2 Vízigény számítás

A geotermikus erőmű folyamatosan üzemel, 8 000 üzemórát feltételezve. Az egész évben várható vízigényt az alábbi, 12. táblázat tartalmazza.

12. táblázat: Egész évben várható vízigény és a kitermelt vízmennyiség.

Megnevezés	Adatok
Napi átlagos vízigény (m ³)	24 000
Óracsúcs (m ³)	1000
Összes kitermelt vízmennyiség (m ³)	8 000 000

A teljes rendszer által megfogalmazott éves összes vízigény, mely jelen engedélyezés alapja:

8 000 000 m³/év

Fentieknek megfelelően az éves mennyiségre (8000 üzemóra mellett) vetített átlagos napi vízigény ~24 000 m³/nap.

A kitermelt és hasznosított termásvíz teljes mennyisége a visszasajtoló kúton keresztül az eredeti rezervoárba kerül visszasajtolásra.

A kitermelt vízhozam egész évben állandó, az átlagos térfogatáram 278 l/s, havi átlagos térfogatáram 666 667 m³. Visszasajtolási hőmérséklet a külső környezeti hőmérséklettől függ (átlag: 64°C).

2.2 A tevékenység helye és területigénye

A tervezett létesítmények (geotermikus erőmű, vezetékek) a regionális, illetve az érintett település helyi rendezési tervének, építési szabályzatának és szabályozási terveinek figyelembevételével kerültek kijelölésre. A területválasztás szempontjai:

- Meglévő létesítmények védőtávolságai
 - Vonalas létesítmények
 - Közlekedés létesítményei (utak, vasutak, hidak)
 - Nagynyomású gázvezetékek
 - Jelentősebb védőtávolságot igénylő víznyomócsövek
 - Szénhidrogén-vezetékek
 - Elektromos vezetékek
 - Meglévő épületek és építmények és védőterületeik
- Egyéb védőzónák, védőterületek

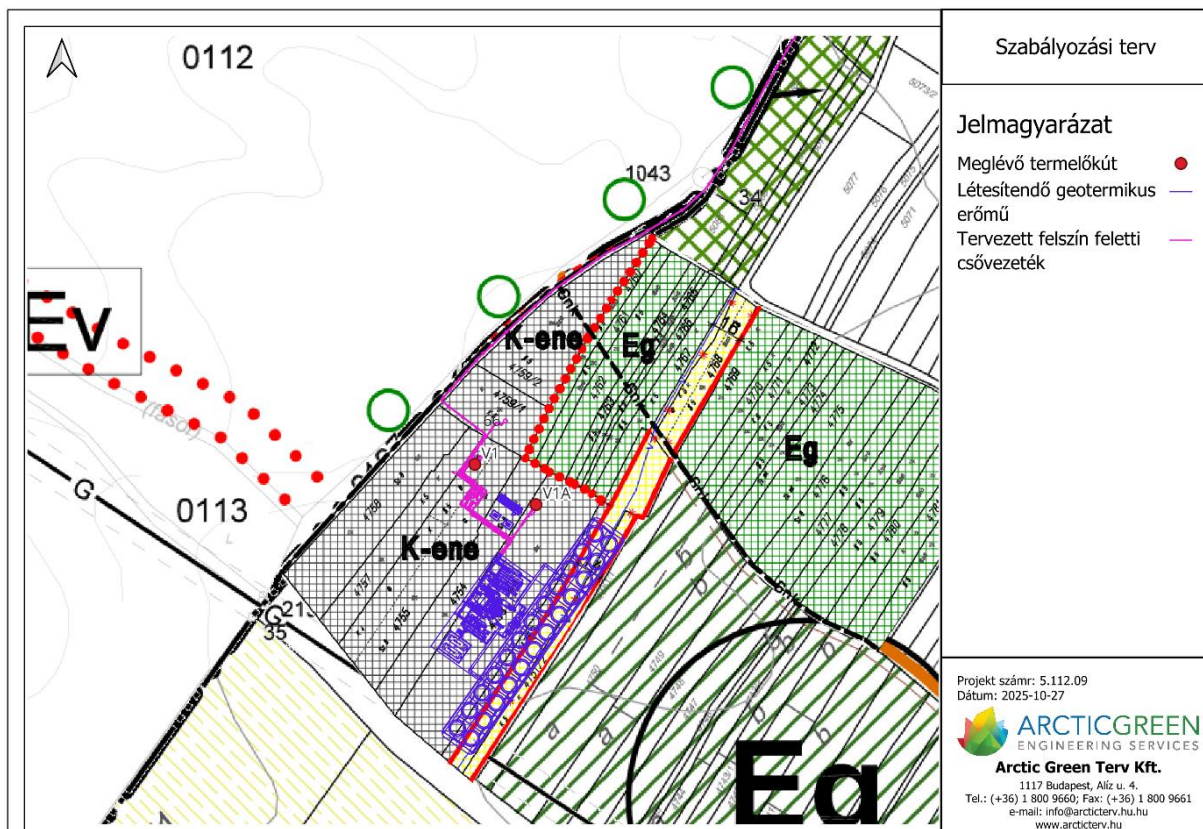
2.2.1 Geotermikus erőmű és a termálkutak

A tervezett Tura-2 geotermikus erőmű a meglévő Tura-1 geotermikus erőmű (2194 Tura külterület, hrsz 4755, 4756) mellett kerül létesítésre külterületen a 4751/1, 4751/2, 4752, 4753, 4754 helyrajzi számú ingatlanokon. A termálvizet a V-1 (4755 hrsz) és V-1A (4753 hrsz) kutak szolgáltatják az erőműnek, visszasajtolás pedig a T-1 (5679/5 hrsz) és Tu-4 (5679/3 hrsz) jelű kutakba tervezett.

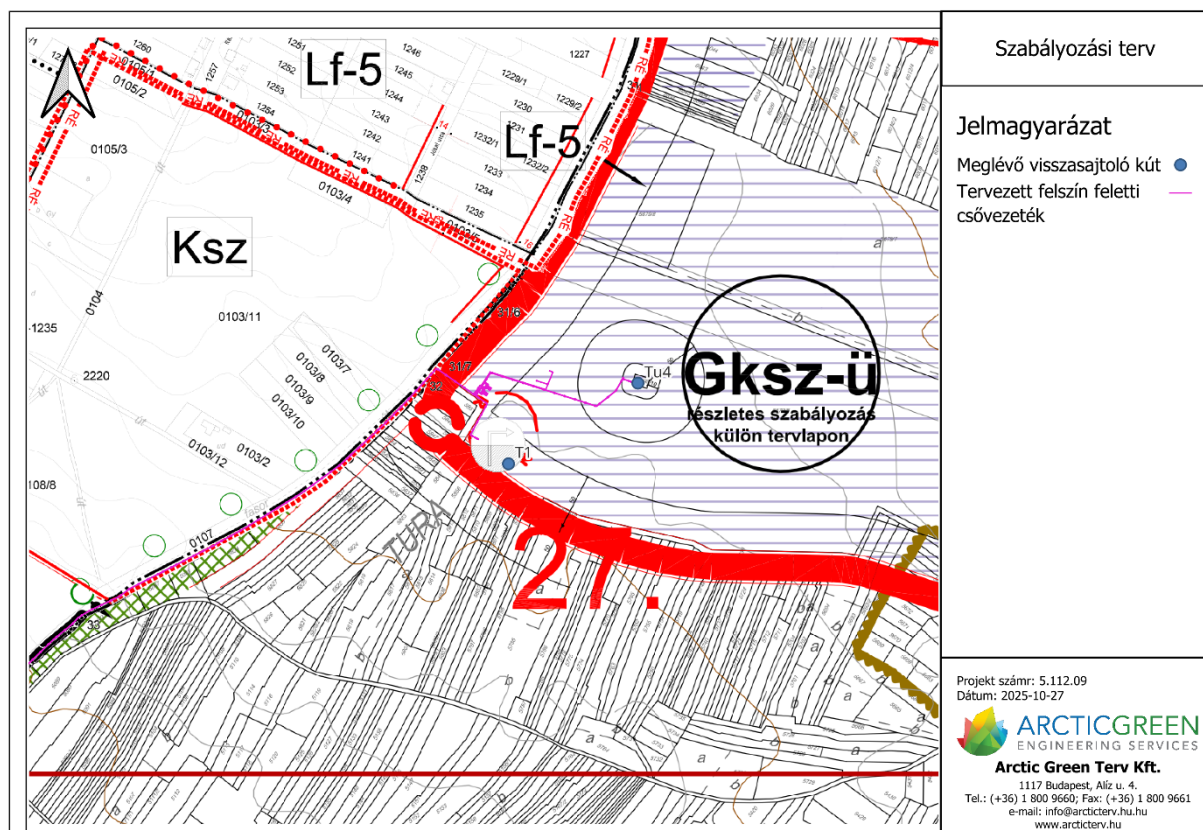
A tervezett erőmű által igénybevett terület ~4300 m². A visszasajtoló kutakhoz a lehűlt termálvizet felszín feletti vezetéken vezetik el.

A meglévő V-1 kút, V1-A kút, T-1 kút kútalapja ~125 m², a Tu-4 kút kútalapja ~130 m². A visszasajtoló kúthelyszínen meglévő földmedence 3 467 m².

Az ingatlanok fennmaradó részére az üzemelés során nincs szükség. A termelő kutak, illetve a geotermikus erőmű által érintett ingatlan rendezési besorolását tekintve „K-ene” különleges megújuló energiaforrás – erőmű övezetbe tartozik, a visszasajtoló kutak által érintett ingatlan pedig „Gksz-ü” övezetbe tartozik, azaz gazdasági terület – üvegházás kertészet besorolású övezetek érintettek.



4. ábra: Kitermelő kútterület területfelhasználási módja



5. ábra: Visszasajtoló kútterület területfelhasználási módja

2.2.2 Tervezett vezeték nyomvonala

A tervezett vezeték nyomvonala megegyezik a Tura-1 geotermikus összekötő vezeték nyomvonalával, azonban nem felszín alatt, hanem felszín felett kerül elvezetésre. Az összekötő vezeték a lehűlt geotermikus fluidumot szállítja a visszasajtoló kutakig. Az érintett ingatlanok felsorolását a 13. táblázat mutatja.

13. táblázat: Érintett ingatlanok fő paraméterei

Település	HRSZ	Település	HRSZ
Tura	4753	Tura	5836
Tura	4754	Tura	5837
Tura	4755	Tura	5838
Tura	4757	Tura	5839
Tura	0314	Tura	5840
Tura	4759/1	Tura	5841
Tura	4759/2	Tura	5844
Tura	5081	Tura	5845
Tura	5082	Tura	5846
Tura	5083	Tura	5847
Tura	5086/1	Tura	5848
Tura	5086/2	Tura	5849
Tura	5086/3	Tura	5850
Tura	5087	Tura	5851
Tura	5088	Tura	5679/2
Tura	5834	Tura	5679/5
Tura	5835	Tura	5679/3

2.3 A megvalósítás részletes bemutatása

Tura kiváló geotermikus adottságainak köszönhetően a jelenleg üzemelő Tura-1 geotermikus erőmű kapacitásainak növelése érdekében, egy nagyobb teljesítményű geotermikus erőmű létesítése tervezett (Tura-2 geotermikus erőmű). A Tura-1 erőmű leállításra kerül és az új Tura-2 erőmű nagyobb villamos teljesítménnyel termel tovább a helyszínen. Ahogy korábban említettük, a termelőkutak, valamint a visszasajtoló kutak meglévő létesítmények, új kút fúrására nem kerül sor. A meglévő kutak a Tura-2 erőműre lesznek csatlakoztatva. A rendszer egészében történő bemutatása végett, ismertetjük a megvalósult kutak, létesítmények jellemzőit is.

2.3.1 Meglévő és maradó létesítmények

2.3.1.1 Termálkutak (meglévő létesítmények)

A geotermikus kutak kivitelezésére mind a termelő, mind a visszasajtoló kutak esetében telepített fúróberendezés alkalmazásával történt. A kutakra a nemzetközi és a hazai gyakorlatban is szokásos fúró és beléscső méretek kerültek alkalmazásra. A kútúrás során környezetszennyező esemény, havária nem történt.

Tu-4 kút

A Tu-4 kutat 1963-ban képezték ki, egykor szénhidrogén kutatófúrásként mélyült. Hévízkúttá 1993-ban képezték át, de a helyi MgTsz ezt megelőzően is használta a kútból feltörő hévizet. A kút tulajdonosa és a vonatkozó vízjogi üzemeltetési engedély kedvezményezettje Tura Nagyközség Önkormányzata volt, majd 2009-ben a Tura Therm Hévízhasznosító Kft. vette át.

A kútfej teljesen zárt, a visszasajtolási nyomás és hozam, valamint a hőmérsékletmérési lehetőség kialakításra kerül.

A kút jelenleg visszasajtoló kútként működik és a tervezett rendszerben is visszasajtoló kútként fog működni.

V-1 és T-1

A V-1 termelő és T-1 visszasajtoló kutak 2011-re kerültek lemélyítésre. A kutakon a viszonylag hosszú használaton kívüli időszak okán állagmegóvási-karbantartási munkákat végeztek el 2017. februárjában. A karbantartás során megtörtént a kutak kompresszorozása, tisztítása, termeltetése, szelvényezése, valamint a felszíni szerelvények helyreállítása, a termelőkútba pedig beépítésre került a kútszivattyú. A kútfejen a szabvány szerinti szerelvények, vízhozam és vízszintmérés, víz és gázminta vétel, valamint az átöblítés, tisztítószivattyúzás lehetősége kialakításra került.

Jelenlegi működés: Az Tura-1 erőmű üzembe helyezésekor V-1 volt a termelő kút, T-1 pedig a visszasajtoló kút.

- V-1: 2020-ban a V-1A kút lefűrésével a V-1 kutat leállították, így a V-1 kút jelenleg nem üzemel.
- T-1: A T-1 kút jelenleg is a Tura-1 geotermikus erőmű visszasajtoló kútként üzemel.

Tervezett működés:

- V-1: A Tura-2 erőmű üzemelése során a V-1 termelő kútból búvárszivattyúval ~85 l/s vízmennyiséget terveznek kitermelni. A búvárszivattyút frekvenciaváltó szabályozza, a hőigény függvényében.
- T-1: A T-1 kút visszasajtoló kútként fog üzemelni.

V-1A

A V-1A kút Tura 4753 hrsz-ú ingatlanon került lefűrésre 2020-ban melléfűrésos technológiával a V-1 kút mellett, nagyobb hozam elérése érdekében. A kútfej-szerelvény felszálló csővel ellátott, a kútfejen a szabvány szerinti szerelvények, vízhozam és vízszintmérés, víz és gázminta vétel, valamint az átöblítés, tisztítószivattyúzás lehetősége kialakításra kerül.

Jelenlegi üzemelés: Tura-1 erőmű termelőkútként üzemel a kút.

Tervezett üzemelés: A V-1A termelő kútból búvárszivattyúval ~193 l/s vízmennyiséget terveznek kitermelni.

2.3.1.2 Megalapozó kútteszt eredmények

A tervezett üzemeltetési paraméterek megalapozottságát kútvizsgálatok támasztják alá.

Termeltetési és interferencia teszt

2020 októberében termeltetési és interferencia tesztet végeztek a V-1 és V-1A kutakon a vízáadó jellemzőinek és a kutak közti egymásrahatás mértékének meghatározására, az egyik kút termeltetése alatt a másik kútban a nyomás és hőmérséklet folyamatos regisztrációja folyt. A teszt eredményei alapján mind a rezervoár transzmisszivitása mind a tározóképesége nagyon magas, a kutak közti interferencia mérhető, ami nem okoz jelentős nyomáscsökkenést. A V-1A kút szabad kifolyással 110 l/s-os hozamra volt képes ~2 bar kútféjnyomás mellett, szivattyúval 200 l/s-ot meghaladó hozamot értek el.

Visszasajtolási és interferencia teszt

2021 januárjában a T-1 és Tu-4 kutak visszasajtolási tesztelését végezték el. A V-1 termelőkút termelése mellett, a visszasajtolás egyszerre csak az egyik (Tu-4 ill. T-1) kútba történt, a mélységi nyomás másik kútban folytatott regisztrációja mellett. Az eredmények alapján a kutak által feltárt rezervoár nagy permeabilitással, magas injektivitási index-el jellemezhető, az visszasajtolási képességét csak a kutak műszaki adottságai szűkíthetik. A kutak visszasajtolási kapacitása 10 bar kútféj nyomáson 500-573 t/óra (160 l/s), 1000 t/óra (278 l/s) visszasajtolási kapacitás 20 bar kútféjnyomás felett érhető el.

2.3.1.3 Termelő és visszasajtoló kutak adatai

A kutak jellemző adatait a 14. táblázat foglalja össze.

14. táblázat: Kitermelő és visszasajtoló kutak jellemző adatai

Vízilétesítmény jele és száma	V-1	V-1A	T-1	Tu-4
Vízilétesítmény kataszteri száma	K-109	B-137	K-108	K-50
Vízikönyvi szám	8.4/G/70	8.4/G/75	8.4/G/70	8.4/G/69.
Vízjogi létesítési engedély szám	KTVF: 4170-7/2011	FKI-KHO: 35100-11155/2020	KTVF: 4170-7/2011	H.40405-5/99.
Vízilétesítmény típusa	Fúrt kút	Fúrt kút	Fúrt kút	Fúrt kút
Vízilétesítmény helye, koordinátái	Tura, 5679/5 hrsz. EOV _x : 251 284 EOV _y : 688 554 EOV _z : 165,6 (Bf)	Tura, 4753 hrsz EOV _x : 251 264 EOV _y : 688 585 EOV _z : 165,9 (Bf)	Tura, 4755 hrsz. EOV _x : 251 837 EOV _y : 689 278 EOV _z : 146,9 (Bf)	Tura, 5679/3 hrsz. EOV _x : 251 911 EOV _y : 689 396 EOV _z : 144,9 (Bf)
Talpmélység	1489 m	1800 m	1951,6 m	2092,7 m
Csővezés	0,0-48,0 m 20" 0,0-704,8 m 9 5/8" 668,6-1473,9 m 7"	1,5-48,0 m 20" 0,0-698,0 m 13 3/8" 668,0-1447,0 m 9 5/8"	0,0-37,5 m 20" 0,0-490,0 m 13 3/8" 443,5-1043,0 m 9 5/8" 984,8-1847,0 m 7" 1798,4-1950,0 m 4 1/2"	0,0-361,5 m 9 5/8" 0,0-1881,0 m 7" 1845,0-2076,0 m 4 1/2"
Szűrő	1462,5-1474,5 m 7" 1474,5-1489,0 m nyitott	1447,0-1800,0 m nyitott	1893,5-1941,6 m 4 1/2"	2076,0-2092,7 m nyitott
Felszín alatti vízhasználat jellege	gazdasági célú (energetika)	gazdasági célú (energetika)	gazdasági célú (energetika)	gazdasági célú (energetika)

Vízilétesítmény jele és száma	V-1	V-1A	T-1	Tu-4
Felszín alatti vízhasználat célja	termálvíz kitermelés	termálvíz kitermelés	termálvíz visszasajtolás	termálvíz visszasajtolás
Felszín alatti víz típusa	termál rétegvíz	termál rétegvíz	termál rétegvíz	termál rétegvíz
Kifolyó víz hőmérséklete	~126,9°C	~127,7°C	n/a	n/a
Nyugalmi vízszint	+39,00 m (204,60 mBf.)	+51,26 m (164,62 mBf.)	+58,95 m (205,98 mBf.)	+51,41 m (196,29 mBf.)
Kútkapacitás	30 l/s/bar	17.3 kg/s/bar (17.3 l/s/bar)	266 kg/s/bar (266 l/s/bar)	78 kg/s/bar (78 l/s/bar)
Maximális kútkapacitás állandó üzemben	193 l/s	85 l/s	193 l/s (visszasajtolás)	85 l/s (visszasajtolás)
Összes oldott só	2798	1954	3135	2390
Vízhasználat üzemi jellemzői	folyamatos	folyamatos	folyamatos	folyamatos

2.3.1.4 Tározómedence/Oltóvíz medence (meglévő létesítmény)

Az erőmű mellett, a 4759/1 hrsz-ú ingatlanon kialakításra került a Tura-1 erőmű üzemeléséhez tározómedence.

A tározó medence a Tura-1 erőmű hűtőrendszerből leengedett használt víz átmeneti tározására és a hatályos jogszabályokban előírt oltóvíz biztosítására szolgál. A medence az engedélyes terveknek és a létesítési engedélynek megfelelően készült, 2017. májusában, a kivitelezést a BO-TO Bau Kft. végezte.

A medence anyaga vasbeton, hasznos térfogata 200 m³, vízmélység 2,5 m. A süllyesztett kialakításnak köszönhetően 3,3 m-es magasságából 1,8 m felszín alatt, 1,5 m felszín felett helyezkedik el.

A használt víz csővezetéken keresztül, felső bevezetéssel kerül betöltésre, a kifolyás a megfelelő szinten kialakított folyókan keresztül biztosított, így a tűzvíz szinten tartása garantált. A túltöltést a folyóka fölött kialakított bukóél akadályozza meg. A medencéből távozó víz ~22,5 m hosszúságú nyílt árkon keresztül jut az önkormányzati tulajdonú csapadékvíz elvezető árokba. Az összekötő árok a meglévő csapadékvíz elvezetővel azonos kialakítással készül.

A medence két sarkában 1 m² felületű, 65 cm mély zsompok került kialakításra, melyek felé a medence fenék lejtéssel rendelkezik. A zsompokban helyezték el a tűzcsapok csatlakozó csővezetékeit, valamint szükség esetén lehetőséget biztosítanak a medence tisztítására, a fenéken összegyűlt zagy eltávolítására.

A Tura-2 erőmű esetén hűtővízkör nem létesül, így a Tura-2 erőmű üzemeléséhez a tározómedence kizárólag oltóvíz biztosítását szolgálja.

2.3.2 Gépészet

2.3.2.1 Kút és kútszivattyú gépészet

A termelő kúthelyszínen (V-1 (4755 hrsz) és V-1A (4753 hrsz)) beépített berendezések (kútszivattyú, mérő és szabályzó egységek) kültérben kerültek elhelyezésre.

A termálvíz kitermelését a kútba telepített változtatható fordulatszámú szivattyú végzi. A kútszivattyú speciális berendezés, mely egyedileg kerül illesztésre a kútszerkezethez, a térfogatáram, hőmérséklet- és nyomás-

tartományhoz, illetve a termálvíz kémiai összetételéhez. A kútszivattyú frekvenciaváltós kivitelű, folyamatos üzemre tervezett, 24 óra/nap, 365 nap/év megfelelő körülmények között. A kútszivattyú segédberendezései szintén a felszínen kerülnek elhelyezésre. A beépítésre kerülő szivattyú meghatározása a tervezés későbbi fázisában fog megtörténni.

A V-1 jelölésű hévíz termelő kút ~83 l/s-os térfogatáramú, illetve a V-1A jelölésű hévíz termelő kút ~194 l/s-os térfogatáramú, tehát összesen ~278 l/s térfogatáramú, ~120°C-os fluidumot táplál a rendszerbe.

2.3.2.2 Víz- és gázkezelés

A tervezett vízkezelést a szilárd részecskék mechanikai szűrése jelenti, míg a gázkezelés a kültéren elhelyezett gáztalanító tartállyal történik. A termelő kutakból kitermelt víz zsákos szűrőkön halad át, mielőtt az erőműbe kerül hőhasznosítás céljából. A szűrés után gázszeparátoron keresztül a termálvíz gáztartalma leválasztásra kerül.

A termelő kutak gázvizsgálati jegyzőkönyvei alapján „C” gázfokozatba tartoznak. 12/1997. (VIII. 29.) KHVM rendelet 3.§ (4) bekezdése értelmében, az MSZ-10-226. nemzeti szabvány előírásai szerinti gázmentesítő berendezés telepítéséről és üzemeltetéséről gondoskodni kell. Ennek megfelelően a vízben oldott gáztartalom szeparálásra kerül gázszeparátorral, mely a légkörbe kerül elengedésre. Az ebből származó ÜHG kibocsátást a 4.4.2 fejezetben tárgyaljuk.

2.3.2.3 Felszíni rendszer

Szivattyúk: Párhuzamosan kapcsolt nyomásfokozó szivattyúk kerülnek beépítésre a geotermikus rendszerbe a közeg keringtetésére és a visszasajtolási nyomás létrehozására. A visszasajtoló szivattyúkat frekvenciaváltó vezérli, a szívó oldali nyomás függvényében. A nyomásértéket nyomás távadó juttatja a felügyeleti rendszerbe.

Csővezeték: A csővezetéki elemek az erősen korrozív geotermikus közegnek megfelelően acélból készülnek. Hőszigeteléssel lesznek ellátva, szükség szerint csúszó támaszok és fix pontok alkalmazásával. A termelő és visszasajtoló területet összekötő távvezeték a 2.3.3. fejezetben kerül részletesen ismertetésre.

Szerelvények: Az elzáró szelepek úgy kerülnek elhelyezésre, hogy a rendszer főbb egységei (hőcserélők, szivattyúk stb.) szeparálhatók legyenek karbantartás vagy egy esetleges meghibásodás esetén.

A vezérlőszelepek sűrített levegős vezérlésűek lesznek és a közeg áramlását hivatottak szabályozni a meghatározott vezérlő jel alapján. A kültéren elhelyezett szabályozó elemek motoros mozdítással tervezettek.

Üritő és légtelenítő szelepek elhelyezése oly módon történik, hogy a csővezeték rendszer minden része üríthető, illetve légteleníthető legyen.

Mérő és jeladó egységek: A vízmennyiség mérő egységek kültéren a kútfej közelében kerültek elhelyezésre. Kültéren, hőmérséklet- és nyomás érzékelők kerülnek beépítésre a rendszer felügyelete és vezérlése érdekében.

A geotermikus rendszer normál távfelügyelettel működik.

2.3.2.4 Visszasajtoló kút

A kitermelt víz hőhasznosítás után visszasajtolásra kerül. A T-1 és Tu-4 visszasajtoló kutak az erőmű területén kívül, a Tura 5679/5 hrsz. 5679/3 hrsz.-ú telken találhatóak. A vízkészlet visszapótlása és az állandó vízminőség szempontjából is legkedvezőbb a termelőkúttal beszűrőzött vízádókba történő vízvisszasajtolás. A visszasajtolás nyomásfokozó szivattyúi a visszasajtoló kúterületen (T-1 kút mellett), kültéren találhatóak. A szükséges mintavevő- és monitoring berendezések a visszasajtoló kútnál is telepítésre kerültek.

2.3.3 Segédközeges erőmű

Az erőmű folyamatábrája és bemutatása a 2.1.1 fejezetben olvasható.

Az erőmű saját szabályzó és kamerás felügyeleti rendszerrel lesz ellátva, mely a kitermelő kúttól, a geotermikus erőművön át a visszasajtoló kútig az egész rendszer szabályozását biztosítja. A rendszer emberi beavatkozás nélkül képes önmagát, az igényeknek megfelelően vezérelni távfelügyeleti rendszerbe kötve, így kezelő személyzet állandó jelenléte nem szükséges. Az üzemeltetést Tura belterületén (az erőműtől kb. 1km távolságban) létesített irodából fogja végezni a kezelőszemélyzet, akik szükség esetén az erőmű területén elvégzik a szükséges hibaelhárítási vagy karbantartási munkákat.

Tervezési értékek

Átlag külső hőmérséklet: 11,2 °C

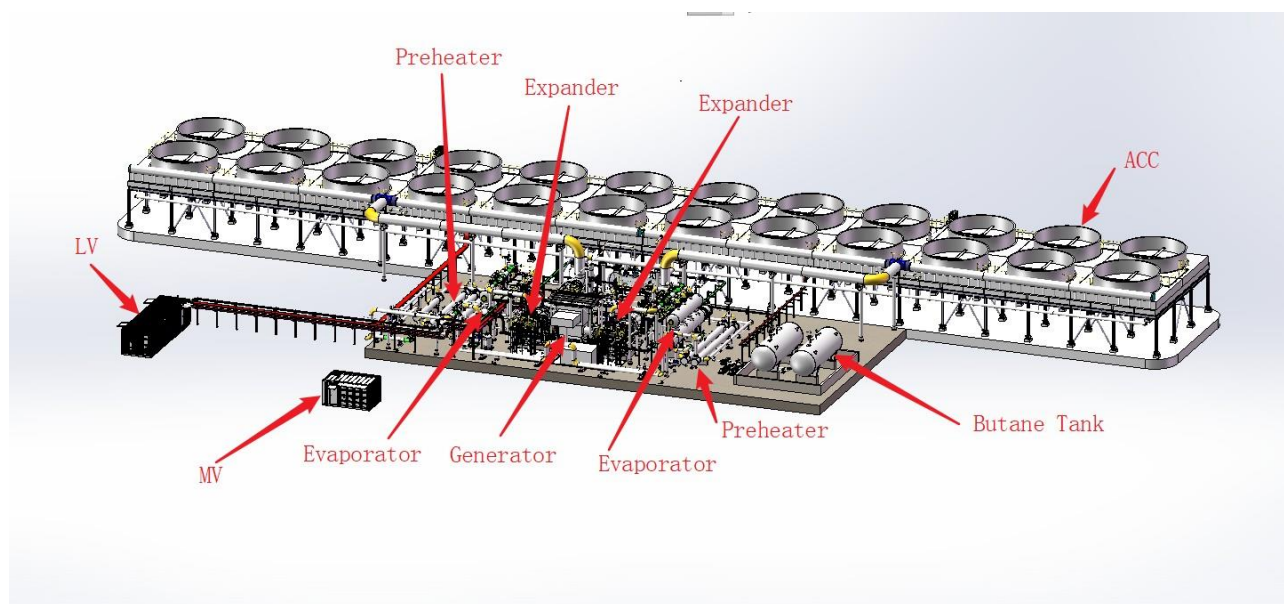
Külső hőmérséklet határok: -11°C és +32°C

Termálvíz térfogatáram: 1000 tonna/óra (278 l/s)

Termálvíz hőmérséklet: 125°C

2.3.3.1 ORC rendszer

A rendszer részét képezi az elpárolgató, előfűtő, a generátor, a turbinák a léghűtéses kondenzátorok, valamint a keringtető szivattyúk.



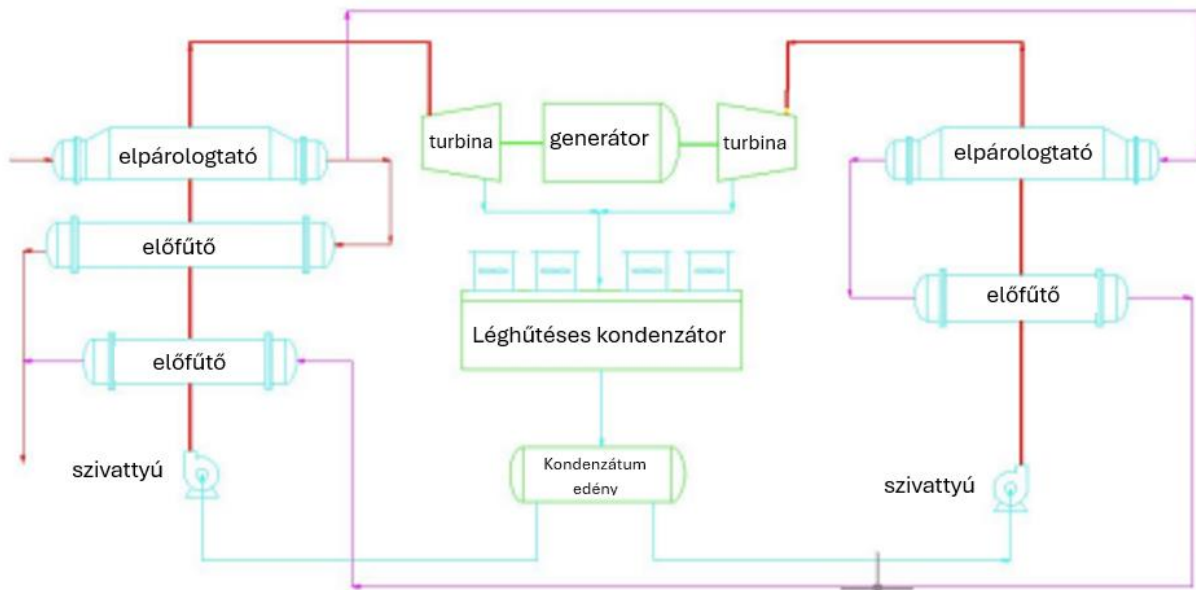
6. ábra: Tura-2 geotermikus erőmű látványterve

2.3.3.2 Munkaközeg

A Tura-2 geotermikus erőmű munkaközege N-bután (kémiai képlet: C_4H_{10}) lesz. A bután rendkívül gyúlékony, alacsony toxicitású, színtelen, cseppfolyósítható gáz. Olvadáspontja -138 °C, forráspontja -0,5 °C.

Alternatív munkaközegekhez képest a bután alkalmazása nagyobb hatásfokot eredményez, ami növeli az energiatermelést és lerövidíti a beruházás megtérülési idejét. Kedvező termodinamikai tulajdonságai révén a bután csökkenti az ORC rendszer méretét és beruházási költségét.

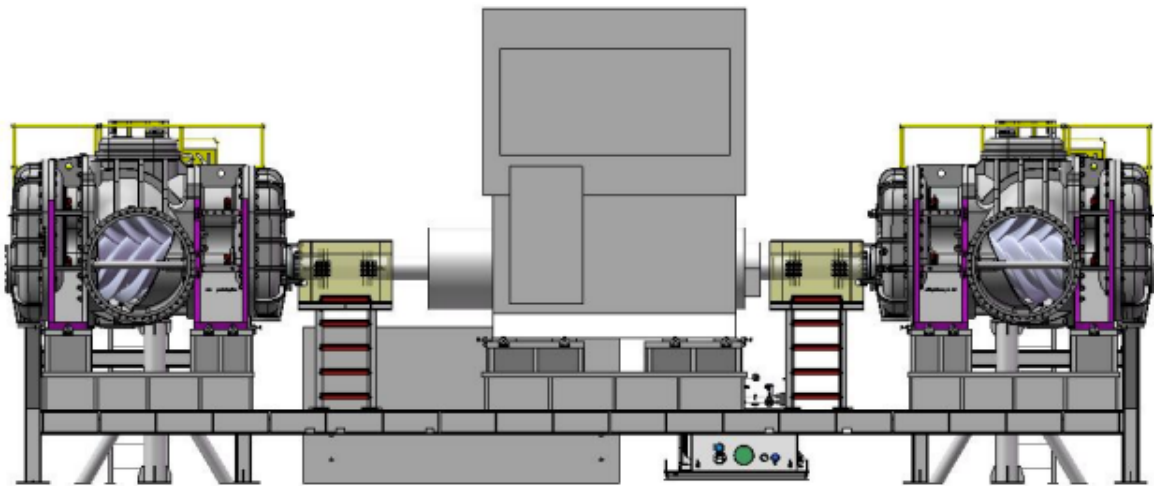
A munkaközeg biztonsági adatlapja a **12. melléklet**ben található.



7. ábra: Bután ciklus diagram (Forrás: Kaishan erőmű működési leírás)

2.3.3.3 Energiatermelő egység

Az energiatermelő egység (power skid) 2 turbinából, egy 10,5 MW teljesítményű szinkron generátorból, az egység szerkezeti vázából, valamint a kapcsoló segédberendezésekből áll (ld. 8. ábra).

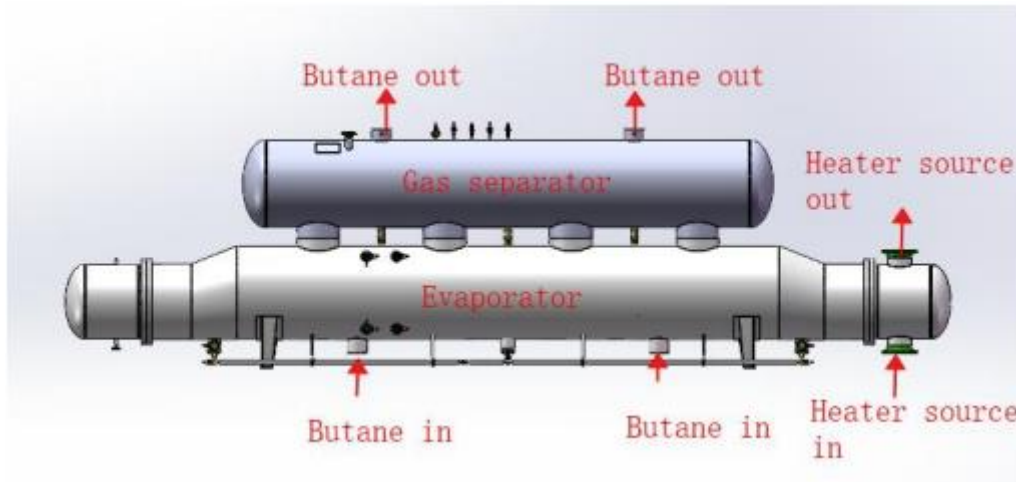


8. ábra: Energiatermelő egység rajza

2.3.3.4 Hőcserélők

Elpárologtató (Evaporátor)

Az elpárologtató egy vízszintes köpenycsöves hőcserélő, amelyben a hőhordozó közeg a csövekben, míg a munkaközeg a köpeny oldalon áramlik. A csövekben áramló hőhordozó közeg hőmérséklete magasabb, mint a köpenyoldali munkaközegé. A hőhordozó a csőfalán keresztül hőt ad át a munkaközegnek, amely ennek hatására felforr, és telített folyadékból telített gőzzé alakul. A keletkező telített gőz az elpárologtató tetején elhelyezett gázleválasztóba áramlik. Innen a leválasztott gőzt vezetéken keresztül továbbítják a turbinához.

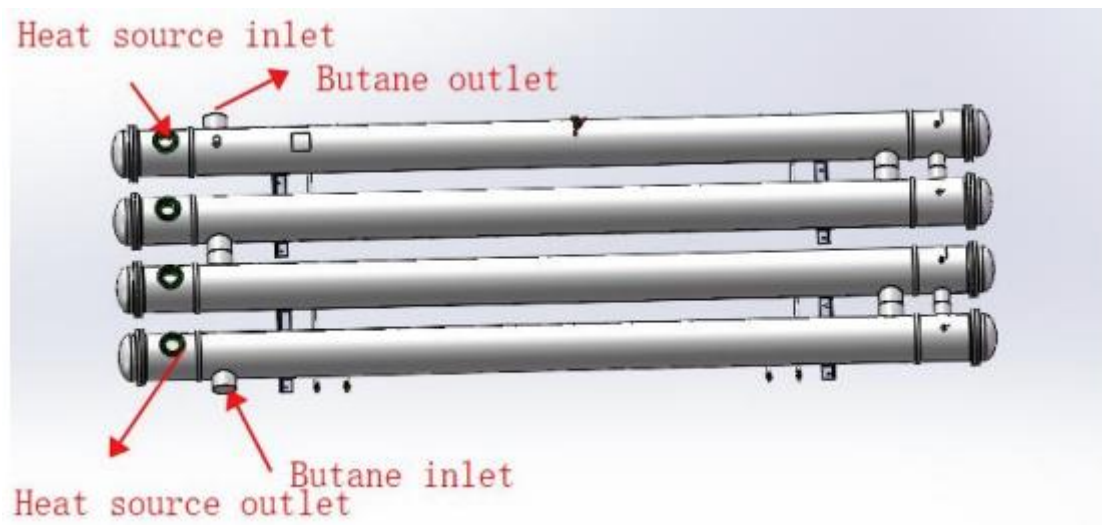


9. ábra: Elpárologtató

Előfűtő

Az előmelegítő egy vízszintes köpenycsöves hőcserélő, amelyben a hőhordozó közeg a csövekben, míg a munkaközeg a köpeny oldalon áramlik. Mivel a hőhordozó hőmérséklete magasabb, a csőfalán keresztül hőt ad át a munkaközegnek, amelynek hőmérséklete fokozatosan a kondenzációs hőmérsékletről eléri a telítési hőmérsékletet.

A felmelegített, telített folyadék ezután az elpárologtatóba jut, ahol forrás közben gőzzé alakul.



10. ábra: Előfűtő

2.3.3.5 Léghűtéses kondenzátor

A Tura-2 geotermikus erőmű hűtését léghűtés biztosítja. A kondenzátor csőhálójában áramló butángáz közvetlenül a környezeti levegőnek adja le a hőt, víz felhasználása nélkül. A levegőhűtéses kondenzátor működéséhez nincs szükség vízutánpótlásra.

A kondenzátor tetején elhelyezett ventilátor fokozza a levegőáramlást és a hőelvezetést, működését villanymotor hajtja. A működő ventilátorok számának szabályozásával a kondenzációs hőmérséklet megfelelő tartományban tartható.

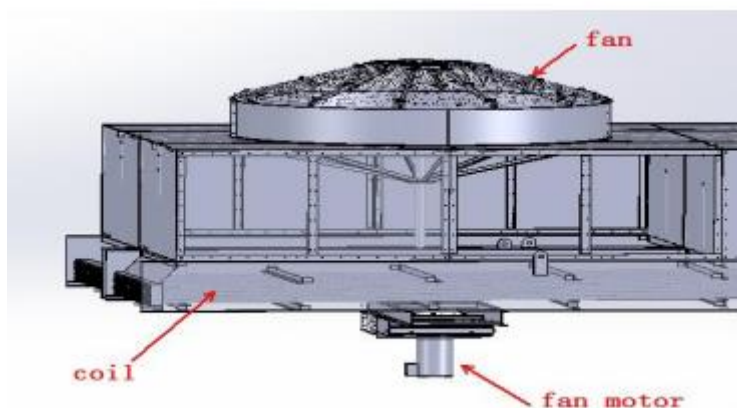
Alacsony környezeti hőmérséklet mellett a levegőhűtéses kondenzátor különösen hatékonyan üzemel.

Az egyes léghűtők átmérője 7,925 m, melyből 22 db kerül telepítésre (elrendezését lásd: 6. ábra). A zajhatások minimalizálása végett alacsony zajkibocsátású lapátok alkalmazása tervezett.

15. táblázat: Léghűtő műszaki adatai (1 db rotor)

Megnevezés	Adat
Átmérő	7,925 m
RPM	100
Lapátcsúcs sebesség	41,5 m/s
Lapátok száma	6
Rotortengely-teljesítmény	40 kW
Légmennyiség	205 m ³ /s
Tervezési hőmérséklet	40 °C

A léghűtők műszaki adatait a **7. melléklet** tartalmazza.



11. ábra: Léghűtésű kondenzátor rajza

2.3.3.6 Keringtető szivattyú

A keringtető szivattyú feladata a kondenzálódott, alacsony nyomású butánt a kondenzátorból továbbítani a nagynyomású hőcserélőbe. A szivattyú kimeneti nyomásának meg kell egyeznie az elpárologtató üzemi nyomásával, míg a térfogatáramnak az elpárologtató párolgási kapacitásához kell igazodnia. A szivattyú a motor fordulatszámának szabályozásával stabil butánszintet tart fenn az elpárologtatóban.

A keringtető szivattyú egy függőleges kialakítású szivattyú. A bután folyadék az alsó belépőnyíláson keresztül jut a szivattyúházba, majd az alsó részből a nyomóoldali kimenetre emelkedik. Útja során a folyadék több járókeréken halad át, amelyeket villanymotor hajt meg, ennek hatására növekszik a folyadék sebessége és nyomása, így jut el végül a hőcserélőhöz.

2.3.4 Összekötő csővezeték

A termelő és visszasajtoló kutakat (közvetve az erőművet) összekötő geotermikus távvezeték tervezett hossza 1 350 méter.

A rendszer kialakítása az alábbiak szerint valósul meg:

- V-1 és V-1A kútból felszíni csővezetéken keresztül jut el a kutak mellett újonnan kialakításra kerülő geotermikus erőműbe (Tura-2) a közeg, mely a kutaktól délre, a 4754, 4753, 4752, 4751/2 és 4751/1 hrsz-ú ingatlanokon található;
- **Geotermikus távvezeték: a geotermikus erőműben történő hőhasznosítást követően a lehűlt geotermikus közeget szállító csővezeték a geotermikus erőmű északi oldalától halad a T-1 és Tu-4 visszasajtoló kutak felé, a korábbi csővezeték nyomvonallal megegyezően (de földfelszín felett), ahol földfelszín felett történik a kutakra való csatlakozás;**

A tervezett csővezeték DN500 átmérőjű, előszigetelt, földfelszín feletti üvegszálerősítésű epoxi haszoncsöves rendszerű vezeték. A csővezetékek mentén optikai kábel kerül telepítésre. A csővezetékek nyomvonal az **4. melléklet**be csatolt helyszínrajzon látható.

Beruházói döntés szerint a meglévő felszín alatti csővezeték hasznosításra kerül a Tura-2 erőmű üzemelése során is gazdaságossági okok miatt. A geotermikus közeg elvezetése a visszasajtoló kutakig így a meglévő felszín alatti csővezetéken és egy (korábbi tervekhez képest kisebb) DN500 átmérőjű felszín feletti csővezetéken történik.

2.3.5 A tevékenységhez kapcsolódó anyagáramok

A különböző tevékenységekhez szükséges becsült anyag és energia áramokat az alábbiakban mutatjuk be. A szükséges anyagáramok vizsgálata során a kisebb mennyiségben jelentkező anyagok becslésétől eltekintettünk. A geotermikus rendszer üzemelése során áramoltatott termálvíz mennyiségére vonatkozóan a 2.1.2 fejezetben ismertettük számításainkat.

A fúrási tevékenységhez kapcsolódó anyagok bemutatására nem kerül sor, mivel a kutak létesítése már megtörtént. Így a csővezeték fektetéséhez, valamint az erőmű létesítéséhez szükséges anyagáramok bemutatására kerül sor.

2.3.5.1 A szükséges teher- és személyszállítás nagyságrendje

A geotermikus rendszerek esetén a legnagyobb szállítási feladat a fúrási munkaterület kialakításához a munkagépek helyszínre szállítása, valamint a fúróberendezés helyszínre szállítása, melyek a projekt korábbi fázisában már lezajlottak.

Az új erőmű létesítése során azonosított munkafázisok közül a munkaterület kialakítása és a vezeték fektetés azok a munkafázisok, amelyek gépigénye a legnagyobb. A munkagép-igényes létesítési fázisokban egyidejűleg 4 db (dózer, forgó-kotró, dömpér, ill. teherautó) dízel-üzemű berendezés üzemeltetésével kell számolni.

Mivel állandó kezelői felügyeletet nem igényel az erőmű, normál üzemmenet mellett távfelügyelet elegendő az üzemeltetéséhez. A távfelügyelet beavatkozási igény esetén üzenetet küld, így a szükséges javítások céljából alkalmi jelleggel látogatják a létesítményt. Ezen felül a tervszerű karbantartás és rendszerfelügyelet miatti havi rendszerességű kezelői ellenőrzésekkel kell a telephelyen számolni. Ebből adódóan a telephelyen fűtés, légszennyező pontforrás nem üzemel.

2.3.5.2 Szükséges raktározás, tárolás, vízrendezés

A kivitelezés során munkaterületen tárolandó anyagok jellemzőiktől függően, a környezetkárosítást kizáró módon kerülnek tárolásra.

Az üzemelés során az érintett területeken anyagtárolás nem tervezett.

Vízrendezés

A kockázatokkal járó berendezések alá telepített betonteknők, szilárd burkolat, kőszórásos utak és munkaterületek, valamint a megfelelően, előírászerűen gyűjtött, elszállított hulladék és a kockázatos anyagok számára kialakított tárolók biztosítják, hogy a talaj ne károsodjék.

A csapadékvíz elszennyveződésének veszélye nem áll fenn.

2.4 Megvalósulás, üzemelés

2.4.1 A rendszer működése

A geotermikus rendszer célja, hogy egy segédközeges erőmű segítségével villamos energiát termeljen a közcélú hálózat számára. A termálvizet a kitermelő kutakból (V-1 (4755 hrsz), V-1A (4753 hrsz)) kútszivattyúk emelik a felszínre. A termálközeg először zsákos szűrőkön halad át, majd gázszeparátoron keresztül a vízben oldott gázok leválasztásra kerülnek. A gázleválasztás utána a termálvíz belép az erőmű hőhasznosító egységeibe (először az elpárolgatóba, majd az előfűtőbe), ahol átadja hőjét az erőmű munkaközegének (bután), mely a hő hatására elpárolog. A munkaközeg ezután belép a turbinába. Az expanzióknak köszönhetően a gáz munkát végezve és a turbina tengelyét megforgatva meghajtja a kéttengelyű generátort, ami elektromos áramot állít elő. A turbinát elhagyó, alacsony nyomású gáz ezt követően egy léghűtésű kondenzátoron áramlik át, ahol lehűl és ismét folyadékká alakul. A folyadék halmazállapotú munkaközeget egy szivattyú nyomásfokozás után visszajuttatja az előfűtőbe, ahol a körfolyamat újra kezdődik.

A rendszer tervezési határa a geotermikus hőcserélő, jelen fejezet célja a geotermikus rendszer bemutatása.

A gáztalanító tartály feladata a gáztalanítás mellett a rendszerben fellépő esetleges nyomáslengések csillapítása, így kiegyenlítő tartályként is funkcionál. A kútból kitermelt geotermikus közegből elsőként leválasztásra kerül a gáztartalom (nagyreszt szén-dioxid, ld. (3.6.5.2 fejezet)) szeparátoron keresztül, melyet a légkörbe engednek. A rendszer több biztonsági szeleppel rendelkezik, melyek nyitnak, ha a nyomás előírt szint fölé emelkedik, ezáltal védve meg a berendezéseket az esetleges károsodástól, normál üzemelés mellett ez gyakorlatilag nem fordul elő.

A szeparátor előtt párhuzamosan kapcsolt zsákos szűrők gondoskodnak a rendszerbe épített elemek védelméről. A geotermikus erőműből a termálvíz a visszasajtoló kutak mellett telepített visszasajtoló szivattyú segítségével jut vissza a vízáadó rétegbe.

16. táblázat: Geotermikus rendszer összefoglaló adatai

Megnevezés		Adat
Kitermelő és visszasajtoló kutak		
Kitermelő kutak száma	db	2
Visszasajtoló kutak száma	db	2
V-1 termelő kút mélysége	m	1489
V-1A termelő kút mélysége	m	1800
T-1 visszasajtoló kút mélysége	m	1951,6
Tu-4 visszasajtoló kút mélysége	m	2092,7
Becsült réteghőmérséklet	°C	127
Becsült kifolyó hőmérséklet	°C	125
Becsült hozam	l/s	278 (193+85)
Visszasajtolandó hőmérséklet (külső hőmérséklet függvényében)	°C	64

Megnevezés		Adat
Geotermikus erőmű		
Belépő hőmérséklet	°C	125
Kilépő hőmérséklet (külső hőmérséklet függvénye)	°C	64
Térfogatáram	l/s	278
Beépített villamos teljesítmény	MW	10,5

2.4.2 Karbantartás

Az ellenőrzési és karbantartási feladatok az üzemi feltételeknek és az üzemeltetői szemlélet szerint kerülnek meghatározásra. Az üzemelés során jellemzően a szennyszűrők és a szűrők tisztítása szükséges a vízminőséghez igazodóan. Ezen egységek párhuzamosan kapcsolva kerülnek beépítésre a rendszer meghatározott pontjaiba, így zavartalan hőszolgáltatás mellett is lehetővé válik a kérdéses egység karbantartása. Az erőműben található gépekre és berendezésekre a megfelelő élettartam elérése érdekében az alapvető, előre meghatározott időközönkénti karbantartást kell elvégezni. A megszokott működéstől való mindennemű eltérés azonnali kivizsgálást igényel. A tervszerű karbantartás gyártói előírás szerint fog történni, az elért üzemórák függvényében.

A *geotermikus erőműből* kapcsolódóan kétféle karbantartási eljárás létezik: a megelőző és javító karbantartás.

A megelőző karbantartás az erőmű és a berendezések előre eltervezett karbantartása, aminek célja a berendezések és létesítmények élettartamának meghosszabbítása és a véletlenszerű meghibásodások elkerülése. A megelőző karbantartás magába foglalja a festést, kopóalkatrészek kenését/olajozását, tisztítását, beállítását és alkatrész cseréket. Célja, hogy minimalizálja a meghibásodásokat és a túlzott értékcsökkenést.

A javító karbantartás a berendezések meghibásodás utáni eseti karbantartását foglalja magában.

Az üzemeltetés fázisában a *geotermikus rendszeren* a következő megelőző karbantartási munkákat kell elvégezni, időrendi sorrendben:

Naponta:

Minden légtelenítő szelepet napi rendszerességgel kell megnyitni, de csak a geotermikus rendszer beüzemelését követő hét során. Ezt követően csak szükség szerint kell légteleníteni a rendszert.

Hetente:

A kitermelő kútnál szűrő végzi a termálvíz szűrését. A szűrőberendezések szűrőbetéteit gyártói előírás szerinti rendszerességgel szükséges ellenőrizni és szükség esetén letisztítani. Ekkor a szűrőegységet izolálni kell az elzárószelepek segítségével, így lehetővé téve a szűrőbetétekhez való hozzáférést. Ekkor a geotermikus közeg szűrését a párhuzamosan kapcsolt másik szűrő látja el. A szűrők tisztítása automatika jelzése alapján történik, amikor a nyomástávadó bizonyos nyomáscsökést elér, akkor jelzést küld az üzemeltetőnek, és a szűrő az elzáró szerelvényekkel kiszakaszolható a tisztítási műveletig.

Havonta:

A geotermikus csőrendszer felszín feletti egységeinek vizuális vizsgálata, szivárgásmentességének ellenőrzése.

Minden évben:

A beépített egységek karbantartási munkálatait a gyártók által kiadott karbantartási utasítás szerint kell elvégezni az abban meghatározott időpontokban. Ezen karbantartási munkálatok és időpontok jelenleg nem ismertek, mivel konkrét típusok, illetve gyártók nem kerültek kiválasztásra a projekt jelenlegi fázisában, azonban a főbb egységek esetén az alább felsorolt karbantartási munkálatokra lehet számítani éves gyakorisággal:

Szivattyúk:

- Csapágycsere vagy cseréje
- Hűtőventilátorok tisztítása

Hőcserélők:

- A hőcserélő vizuális vizsgálata, szivárgásmentességének ellenőrzése.
- Csavarok és menetes alkatrészek korróziómentesítése, zsírozása.

Szűrőegység:

- Tömítések ellenőrzése, szivárgás esetén azok cseréje
- A szűrőbetét ellenőrzése, szükség esetén annak cseréje.

ORC rendszer:

- Ellenőrzés és karbantartás gyártói előírások alapján.

Kutak karbantartása:

A kutak karbantartása a megfelelő jogszabályok és szabványok szerint történik. Egyrészt a Mélyfúrási Biztonsági Szabályzat (5/2022. (I.24) SZTFH rendelet), valamint a Fúrt vízkutak és vízkutató fúrások szabványa (MSZ 22116:2002) szerint. Amennyiben a rendszer üzemeltetése közben nyomásnövekedés, vagy bármilyen más negatív változást észlel az üzemeltető, úgy lehetőleg a fűtési szezonon kívül kútmunkálat lesz beütemezve, melynek célja kideríteni a kút állapotában bekövetkező változást, majd helyreállítani az eredeti állapotnak megfelelően. Lehetséges megoldások a rétegkezelés, szűrő kimosatása, kompresszorozás vagy legvégső esetben a szűrő és kavics cseréje. A legmegfelelőbb módszer kiválasztásához lyukgeofizikai szelvényezés is igénybe vehető.

2.4.3 Összetartozó tevékenységek

A jelenleg működő Tura-1 geotermikus erőmű leállításra kerül, amint az új nagyobb teljesítményű Tura-2 geotermikus erőmű működésbe kezd. A hőforrásként használt V-1, V-1A kutak, illetve a Tu-4 és T-1 visszasajtoló kutak át lesznek kötve a Tura-2 erőműre.

2.5 Számításba vett fő változatok és elvetésük indoka

A jelenleg működő erőmű tapasztalatai alapján került kiválasztásra és megtervezésre az új Tura-2 geotermikus erőmű. A Tura-1 geotermikus erőműben hibrid hűtést alkalmaztak, mely üzemelési nehézségeket okozott, ebből fakadóan a Tura-2 erőműnél kizárólag léghűtés került betervezésre.

Új kút létesítés az előkészítési fázis során elvetésre került, hiszen a jelenlegi kutak magasabb hozamával is elérhető a tervezett nagyobb villamos energiatermelés.

2.6 Felhagyás

A telephely felhagyása a létesítés során kialakított erőművi létesítmények bontásával, általánosságban véve a létesítési fázishoz kapcsolódó munkafolyamatok fordított sorrendben való elvégzésével jár. Ebből adódóan a felhagyási fázis hatásterülete a létesítéséhez hasonló.

A felhagyási fázis levegőterhelése – a biztonság javára történő közelítéssel –, a telephelyi bontási területre és az azt körülvevő ~300 m-es sávra, illetve a bontandó vezetékek ~75 m-es környezetére terjed ki.

A felhagyás okozta zajterhelés a létesítésben bemutatott zajterheléssel megegyezik.

Az erőmű üzemidejének lejártával a felszíni technológiai egységek leszerelése, a gépészeti berendezések bontása, valamint a terület rekultivációja valósul meg. A felhagyási fázis során várható hulladékok listája a 84. táblázatban került összefoglalásra. Az összegyűlt hulladékok engedéllyel rendelkező szakcégnak kerülnek átadásra szerződéses alapon. A hulladék képződése (szállítás, hasznosítás, lerakás) a vonatkozó jogszabályok alapján történik az adott azonosító kód besorolásának megfelelően.

2.7 A tevékenység elmaradásából származó környezeti következmények

A tevékenység – a termálenergia felhasználása a használt víz visszasajtolásával – elmaradása esetén a lakosság villamosenergia ellátását más energiahordozóval kell biztosítani. A villamos energia célú energiatermelés a jelen technológiai szint ismeretében jellemzően fosszilis energia alapú, illetve nukleáris áramtermelést jelent. Valamennyi alternatív fosszilis energiahordozóra, földgázra, fűtőolajra vagy biomasszára, illetve széntüzelésre alapozott energiaellátás során a környezeti levegő terhelésére lehet számítani mind az energia felszabadítás (égetés), mind pedig az üzemeléshez kapcsolódó infrastruktúra (nyersanyag/salakanyag szállítás) üzemelése során, egyes esetekben pedig nehezen kezelhető, elhelyezhető hulladék is keletkezik. A nukleáris energiatermelés esetén a radioaktív hulladékok elhelyezése, a fűtőanyag előállításával, szállításával illetve a baleseti kockázattal kell számolni.

A fosszilis tüzelőanyagok alkalmazása főleg szén-dioxiddal, szén-monoxiddal, nitrogén-oxidokkal, kén-dioxiddal, egyéb aromás és policiklusos vegyületekkel és nem utolsósorban szilárd részecskékkel (porral) szennyezi, illetve terheli a környezeti levegőt. A villamos energia termelésén túl az alternatívaként megjelölhető energiahordozók előállítása, bányászata, termesztése és szállítása szintén jelentős környezethasználattal és –szennyezéssel jár.

A termálvízzel történő villamos energia termelésnek elsősorban levegőtisztaság védelmi szempontból van kiemelt jelentősége. A geotermikus energia felhasználása más energiahordozók előállításához köthető közvetett környezet igénybevétele számba vételével még kedvezőbbnek tekinthető. Nem elhanyagolható az a tényező, miszerint a fűtés megújuló energiaforrásból történik, mely témakörben Magyarországnak EU-s előírásoknak való megfelelés érdekében gyorsan lépnie kell.

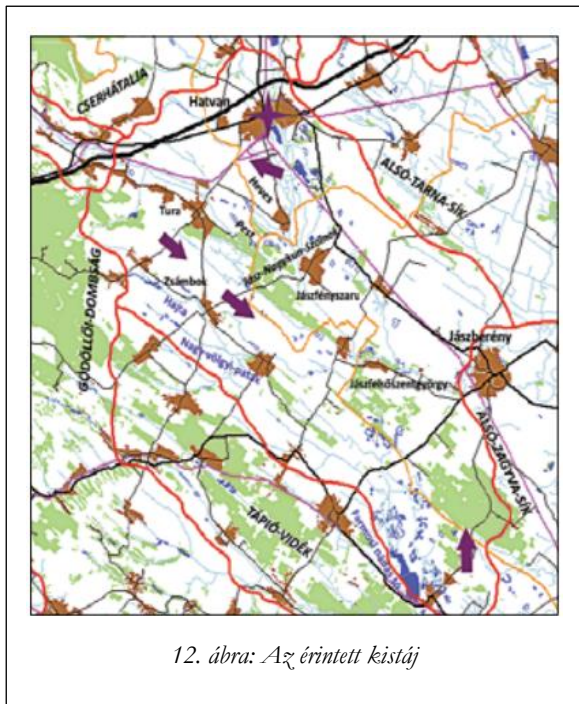
A 4.4.1 fejezet bemutatja, hogy egy hasonló teljesítményű gázerőmű létesítése mekkora ÜHG-kibocsátást eredményezne. Azonos energiamennyiség mellett a földgázzal működő erőmű életciklus-kibocsátása jellemzően 23,7–40,6 kt/év CO₂e, ami meghaladja a geotermikus erőmű által kibocsátott értéket (22,3 kt/év).

2.8 A tevékenység megkezdésének várható időpontja és időtartama és kapacitáskihasználás

A Tura-2 geotermikus erőmű tervezett üzemelésének kezdete 2026 Q3. Jelenleg a tervezési folyamatok és a szükséges engedélyek beszerzése zajlik.

3 TERVEZÉSI TERÜLET BEMUTATÁSA

3.1 A vizsgált terület általános bemutatása¹



12. ábra: Az érintett kistáj

A fejlesztéssel érintett terület Tura területén, külterület nyugati oldalán, Galgahévíz közvetlen szomszédságában helyezkedik el. Tágabb környezetét tekintve a Duna-Tisza medence nagytáján, Alföld Nagytájrészen, azon belül az Észak-alföldi-peremvidék középtáján helyezkedik el. Kistájak tekintetében a terület a Hatvani-síkon helyezkedik el (13. ábra). (Megjegyzendő, hogy a 2010-es kiadású Kistáj Kataszter besorolása eltér a Csorba Péter féle besorolástól. A vizsgált terület tájegységi besorolás alapján az Alföld nagytáj, Észak-Alföldi-hordalékkúpsíkság középtáj, Hatvani-sík kistájhoz tartozik. [9])

A kistáj a Zagyva-folyó hegységelőteri középső szakasza mentén elhelyezkedő enyhén tagolt, helyenként hullámos síkság. Humuszos homok és réti csernozjom talajon intenzív szántóföldi művelés zajlik. Az OTTrT a kistájat mezőgazdasági térségként tartja nyilván.

Közigazgatási egységeket vizsgálva a terület Pest vármegyében, Aszód járásban, Tura Város közigazgatási területén, külterületen található.

Meleg-száraz térség kategóriába sorolható a kistáj.

Az 5 ha-nál nagyobb nyílt víz- illetve vizenyős, mocsaras felszínek a terület 1,4 %-át foglalják el.

3.2 A vizsgált területek területfelhasználási módja

A tervezési terület környezetében (ld. 13. ábra) nagyrészt „Má” általános mezőgazdasági területek, illetve „Eg” gazdasági rendeltetési erdőterület találhatóak.

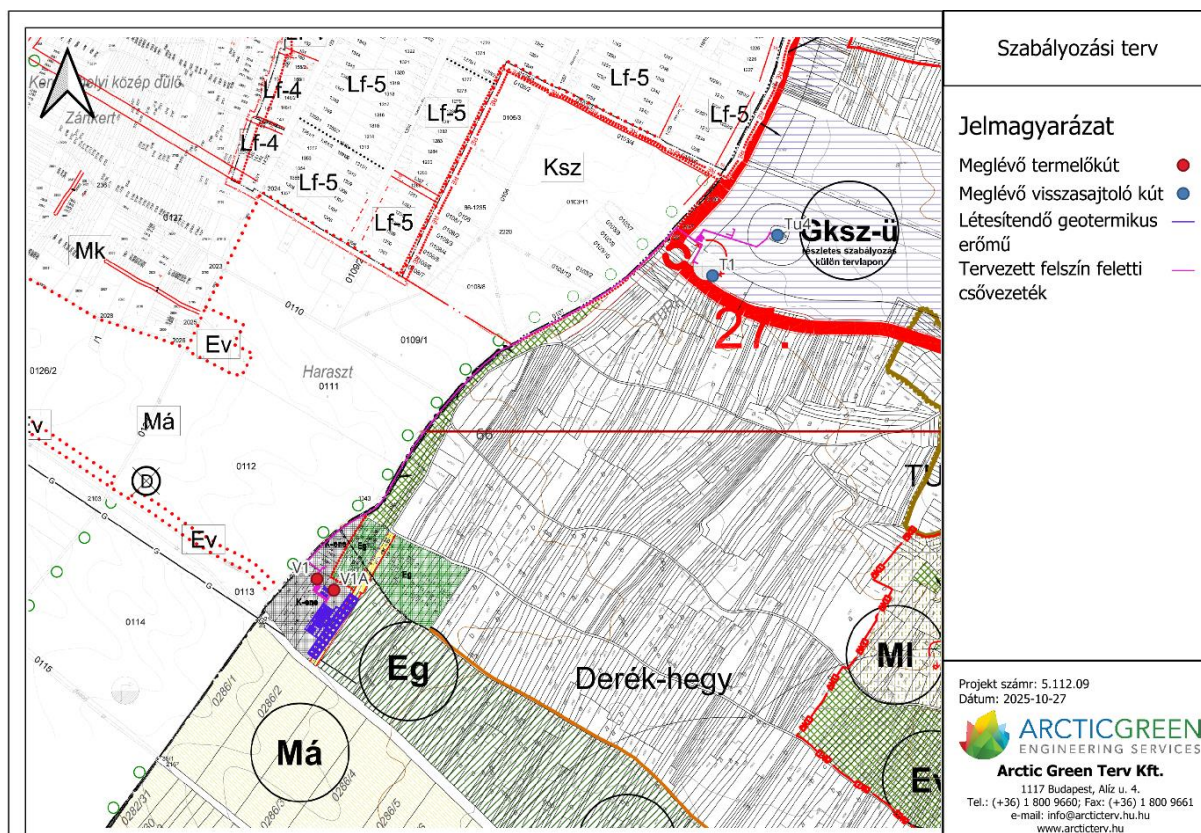
A felszín feletti csővezeték nyomvonalával mellett „Ev” védelmi célú erdő húzódik a turai oldalon, míg a galgahévízi oldalon „Má” általános mezőgazdasági területek, illetve belterületi „Ksz” különleges terület-szabadidő területek találhatóak.

14. ábra mutatja a tervezett erőmű környezetében a szabályozási tervben meghatározott területfelhasználási módokat. A tervezett geotermikus erőmű és a felszíni rendszer mind „K-ene” különleges megújuló energiaforrás – erőmű övezet (4753, 4754, 4755, 4757 hrsz-ú területek) és közlekedési célú közterületeket érint (4751/2, 4752 hrsz-ú területek). Északi és nyugati irányból „Má” besorolású zónák, nyugati oldalról és déli oldalról „Eg” besorolású zónák határolják.

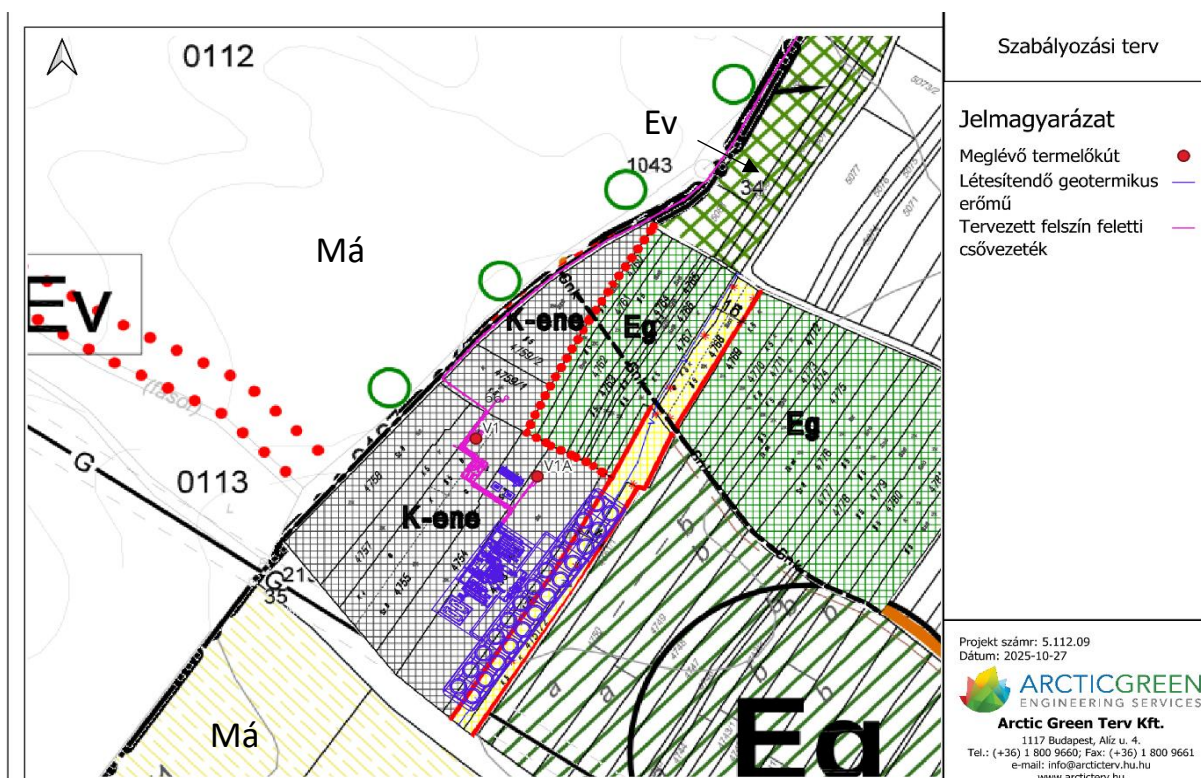
A termelő kutak „K-ene” besorolású zónába tartoznak (14. ábra), míg a visszasajtoló kutak által érintett ingatlan pedig „Gksz-ü” övezetbe (5. ábra) tartozik, azaz gazdasági terület – üvegházhasználati kertészet besorolású övezetek érintettek.

¹ Csorba Péter Magyarország kistájai, 2021

A szabályozási terv vonatkozó részletét a projekt terület feltüntetésével az 13. ábra mutatja. Az egyes kútterületeket a 13 és 14. ábra mutatja.



13. ábra: Érintett terület területfelhasználási módja



14. ábra: Kitermelő kútterület és a geotermikus erőmű terület területfelhasználási módja

3.3 Veszélyes üzemek

A telepítési hely környezetében nincs működő veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem.

3.4 Természeti katasztrófáknak (különösen földrengések, vízkárok) való kitettség bemutatása

A természeti katasztrófáknak való kitettséget a földtani veszélyforrás aktivitás tekintetében a 3.10.4.3.2, valamint a vízkárok tekintetében 3.10.4.5 és a 3.10.4.6 fejezet tárgyalja.

Földrengések és vulkáni tevékenységek a vizsgált területen nem jelentenek gyakorlati kockázatot. Sekély földtani veszélyforrások tekintetében a kitettség alacsony.

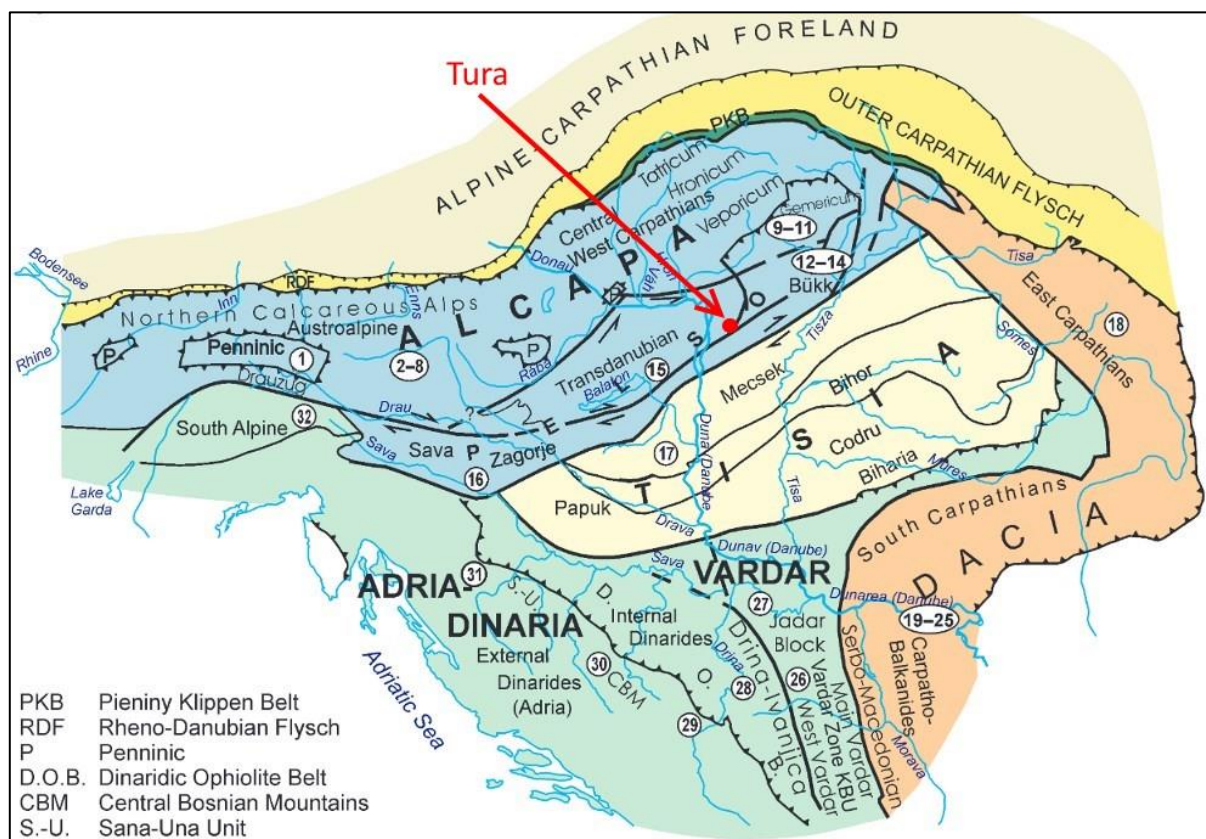
Az „Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése” (KEOP 2.5.0/B/09-12-2013-0001) című pályázat (továbbiakban ÁKK) keretein belül az árvíz-kockázat kezelés tervezés III. ütemében külön feladatrészként valósult meg a „Belvízi veszélytérképezés”, mely alapján a projekthelyszín nem belvív-veszélyeztetett terület.

A terület Magyarország villámárvízi veszélytérképe alapján a villámárvizek előfordulása nem releváns a területen. A beruházással érintett terület nincs kitéve árhullámnak, a terület nem veszélyeztetett elöntés által.

3.5 A vizsgált terület földtani adottságainak ismertetése

Tura a Pannon-medence északi részén, az ALCAPA egységen helyezkedik el. Ez a kőzetlemezt paleozoikum és mezozoikum partközeli környezetben üledett képződmények építik fel. Az ALCAPA egységen belül hasonló környezetben, hasonló időben kialakult üledékes kőzetek figyelhetők meg, míg a Tisza egységet teljesen más kőzetek építik fel. A geotermikus hasznosítás szempontjából az ALCAPA egység egyik legfontosabb eleme a 2-4 km vastag középső és felső triász karbonátos kőzetek. A karsztosodott felszínű, illetve repedezett karbonátos kőzetekből kedvező vízhozam érhető el.

Turán a fő geotermikus tárolóképződmény a mészkő. A Tu-1 kútban feltárt kőzet a késő triász korú Dachsteini Mészkő Formációnak felel meg, mely jól ismert a Dunántúli-középhegységből (lásd 15. ábra Turától DNy-i irányban).



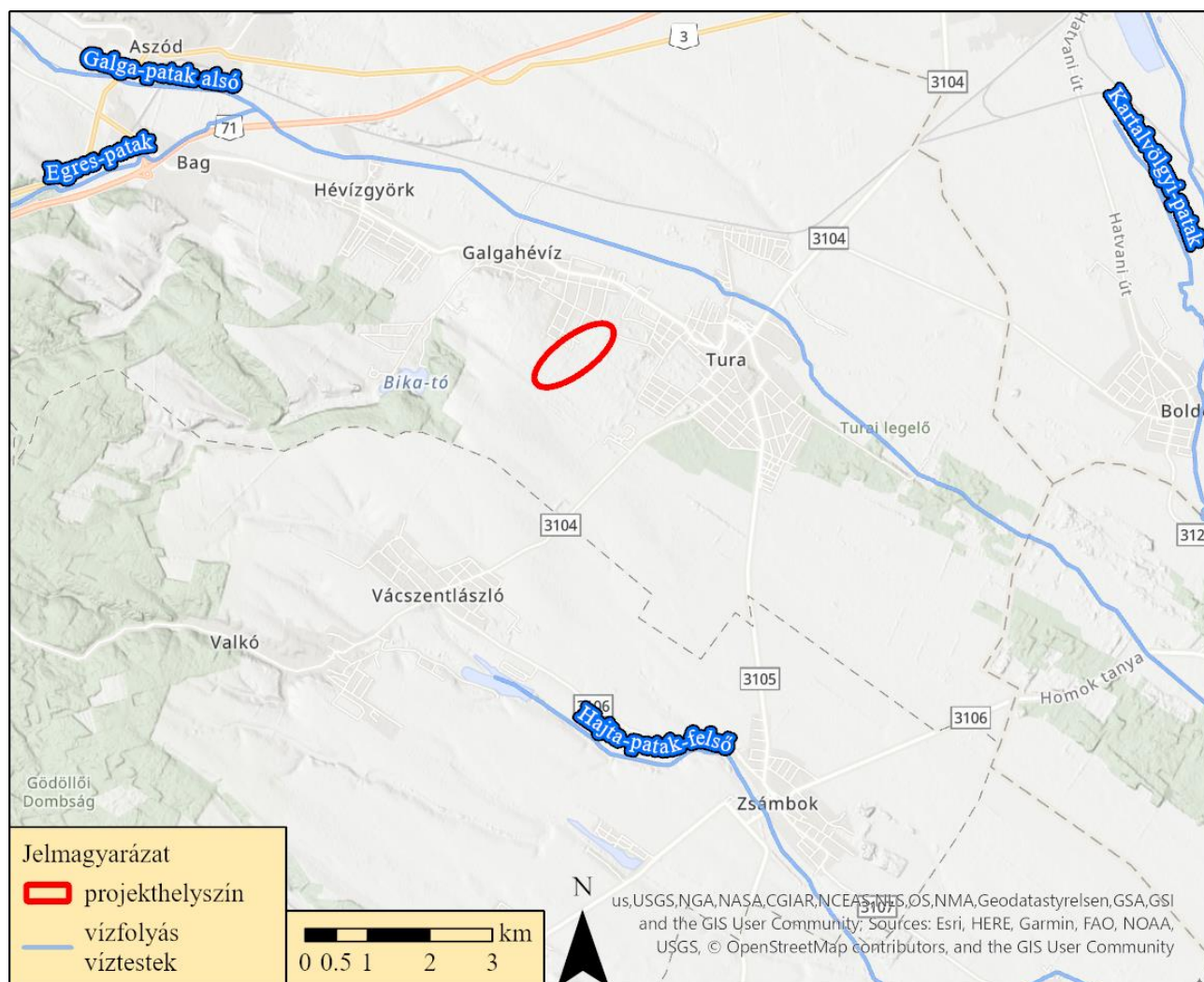
15. ábra Tektonikai egységek a Kárpát-medencében (Vozár et al., 2010 után), Tura területe piros ponttal jelölve

3.6 A vizsgált terület felszíni-, felszín alatti vizei

3.6.1 Felszíni vizek

A Galga a Zagyva jobb oldali mellékvize; a Cserhátban, Becske térségében (Szandai-hegy lába) ered, és Jászfényszaru mellett torkollik a Zagyvába. Hossza ~58 km, a vízgyűjtő nagysága ~288 km² (kiszívólyás jelleg, alacsony-közepes vízhozamokkal). A medret az 1970-es években szabályozták az ismétlődő kiöntések miatt; a fenntartási feladatokat a térségben az aszódi GAVIT látta el. [8]

A Galga-patak alsó (AEP504) felszíni vízfolyás a Zagyva alegységhez tartozik, a tevékenység helyétől mintegy 1,5 km-re található.



16. ábra: Felszíni víztestek a vizsgált terület környezetében

Vízrajzi és hidrológiai jelleg.

Dombvidéki forrásvidék után alföldi szakaszra ér, így érzékeny a hirtelen csapadékokra és a hosszabb száraz periódusokra is; az ingadozó kisvízhozamok (0–0,6 m³/s nagyságrend) miatt aszály- és belvízérzékeny vízfolyás. Kisebb mellékvei közül említhető az Emse-patak és a Megyerke-patak. [8]

Használatok, beavatkozások.

A völgyben mezőgazdasági területhasználat a meghatározó, helyenként lokális tározók, duzzasztások találhatók (például a Galgahévízi-víztározó, ~20 ha, horgászati-rekreációs funkcióval).

Vízminőség és ökológiai sajátosságok

A Galga hazai viszonylatban kevésbé kutatott kisvízfolyás; korábbi felmérések ipari/mezőgazdasági terhelések potenciális hatásait, illetve kémiai összetétel és algaflóra szezonális változásait vizsgálták. Összességében a kisvízfolyásokra jellemző ingadozó minőségi állapot jellemzi, lokális terhelési hatásokkal.

A Galgahévízi-láprét környezetében a meder agyagos rétegei rossz vízvezető képességet mutatnak ($\approx 10^{-5}$ cm/s), ami befolyásolhatja a felszínközeli vízmozgást és a vizes élőhely utánpótlását. [16]

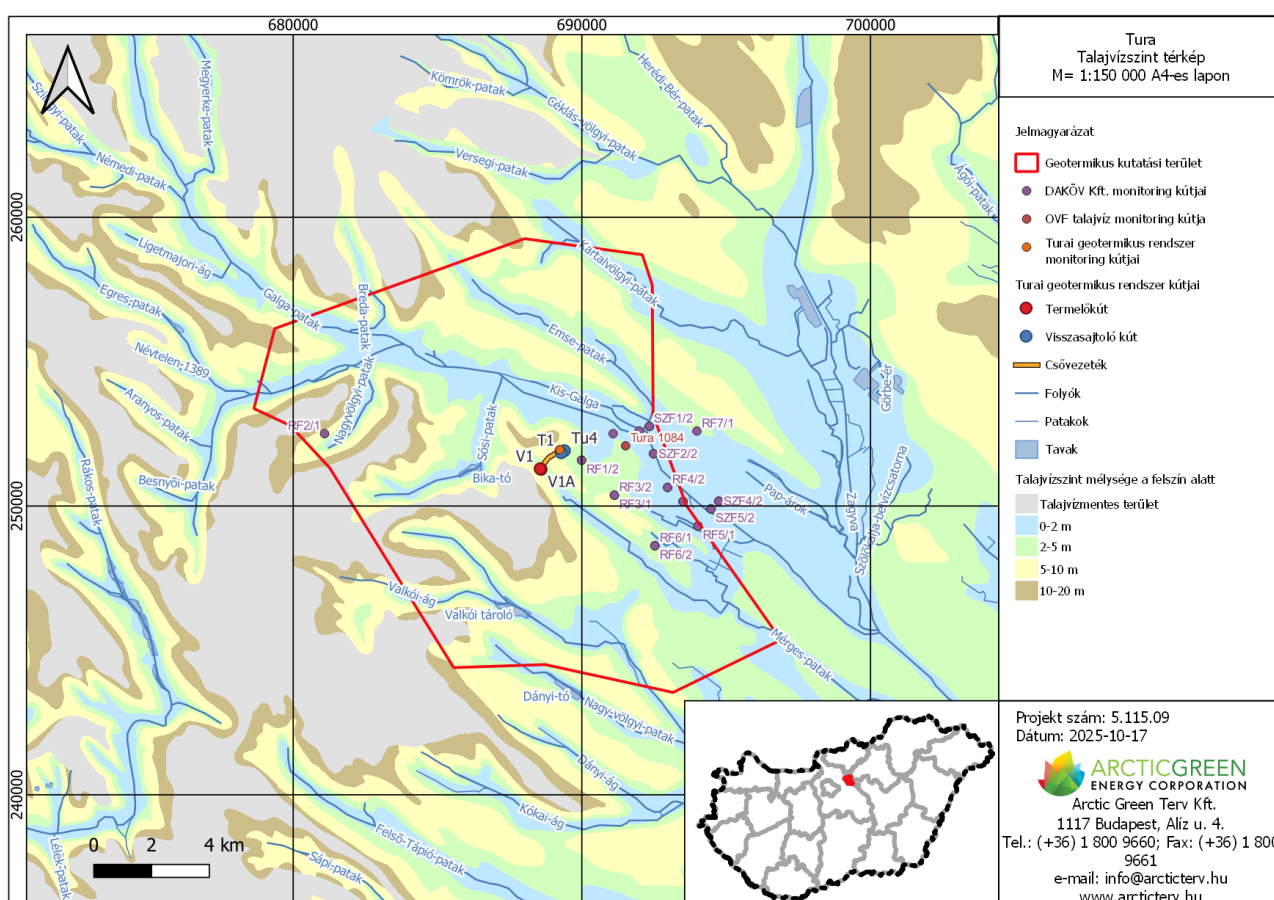
Árvíz–belvíz–aszály kitétség

A völgyben a villámárvizes jelenségek és a rövid, intenzív csapadékok hirtelen vízszintemelkedései – különösen a beépített szakaszokon – okozhatnak helyi problémákat; ugyanakkor száraz időszakokban a kisvíz korlátozó tényező lehet vízhasználatoknál. [17]

3.6.2 Felszín alatti vizek

Talajvíz

A talajvíz mélysége a kialakított geotermikus kutak közelében 2-5 m között mozog. Általánosságban elmondható, hogy a talajvíz szintje a geotermikus rendszert övező patakok felé emelkedik. A geotermikus termelőkutaktól DNy-ra illetve a Bika-tótól D-re található talajvízmentes Mogyoróska-dűlő, Haraszt-dűlő és Kopaszka kiemelt térszínén alakult ki.



17. ábra A kutatási terület talajvízszint térképe (SZTFH térképszerver)

A Közép-Duna-Völgyi Vízügyi Igazgatóság kezelésében lévő 1084-es törzsszámú talajvíz megfigyelő kút 2024. április 1. – 2025. október 14. időszakban mért adatait a 18. ábra szemlélteti, jól látható, hogy a Tura központjában elhelyezkedő talajvíz kút eredményei alátámasztják a talajvíz térkép adatait, az átlagos vízmélység ezen a területen a vizsgálat időszakban a minimumot 4,52 m_{f.a.}-en, a maximumot pedig 3,89 m_{f.a.}-en mérték.



45

3.6.2.1 Felszín alatti vizek hasznosítása

Ivóvízkivételek

Tura és környezetének ivóvízellátását nagy mértékben a sekélyebben található p.2.9.1. és p.2.10.1. rétegvíztestekből látják el. A p.2.9.1. és p.2.10.1. rétegvíztestek a felső pannon Zagytai Formáció homokos képződményeiben helyezkednek el.

A kutatási területen és szűk környezetében 45 db ivóvízkút található, kiemelkedően a legnagyobb termelést biztosító, Turán található Regionális vízmű 3b nevű kút napi átlaga 710,05 m³/d (évi összesen: 259168,33 m³/év) és a második kiemelkedő termeléssel bíró, szintén turai Regionális vízmű 5/a j. nevű kút napi átlaga 476,89 m³/d (évi összesen: 174065,83 m³/év).

A kutak becsült felszíni vízbázisvédő területe a tárgyi témájú térképen (19. ábra) feltüntetésre került.

Termálvízkivétel

Turán és környezetében a geotermikus rendszeren keresztül megvalósított termálvízkivételen kívül nincs más termálvízhasznosítás. A termálvizet adó víztest a kt.1.4., amit Esztergom környékén 20-600 m-es mélységközben, míg Tura környékén 1450-2100 m-es mélységközben csapol meg összesen 9 db kút. A kutak célja főként a vízkivétel nélküli monitoring (3 db), de emellett energetikai célú (2 db) és ivóvíz célú (2 db) vízkivétel is van. Az éves termálvízkivétel 53 921 046,51 m³/év, míg a napi átlagos vízkivétel 177371,86 m³/d. Fontos megemlíteni, hogy geotermikus rendszer egyúttal visszasajtolást is végez, mely mértéke megegyezik a kitermeléssel.

A víztest kémiai összetételét tekintve a felső-triász vízadó nátrium-kloridos-hidrogén-karbonátos, szulfát-és kalciumionokat tartalmaz még értékelhető mennyiségben. A várható TDS 2,0-3,2 g/l közötti, keménységét tekintve kemény, 18-28 nk°-körüli.

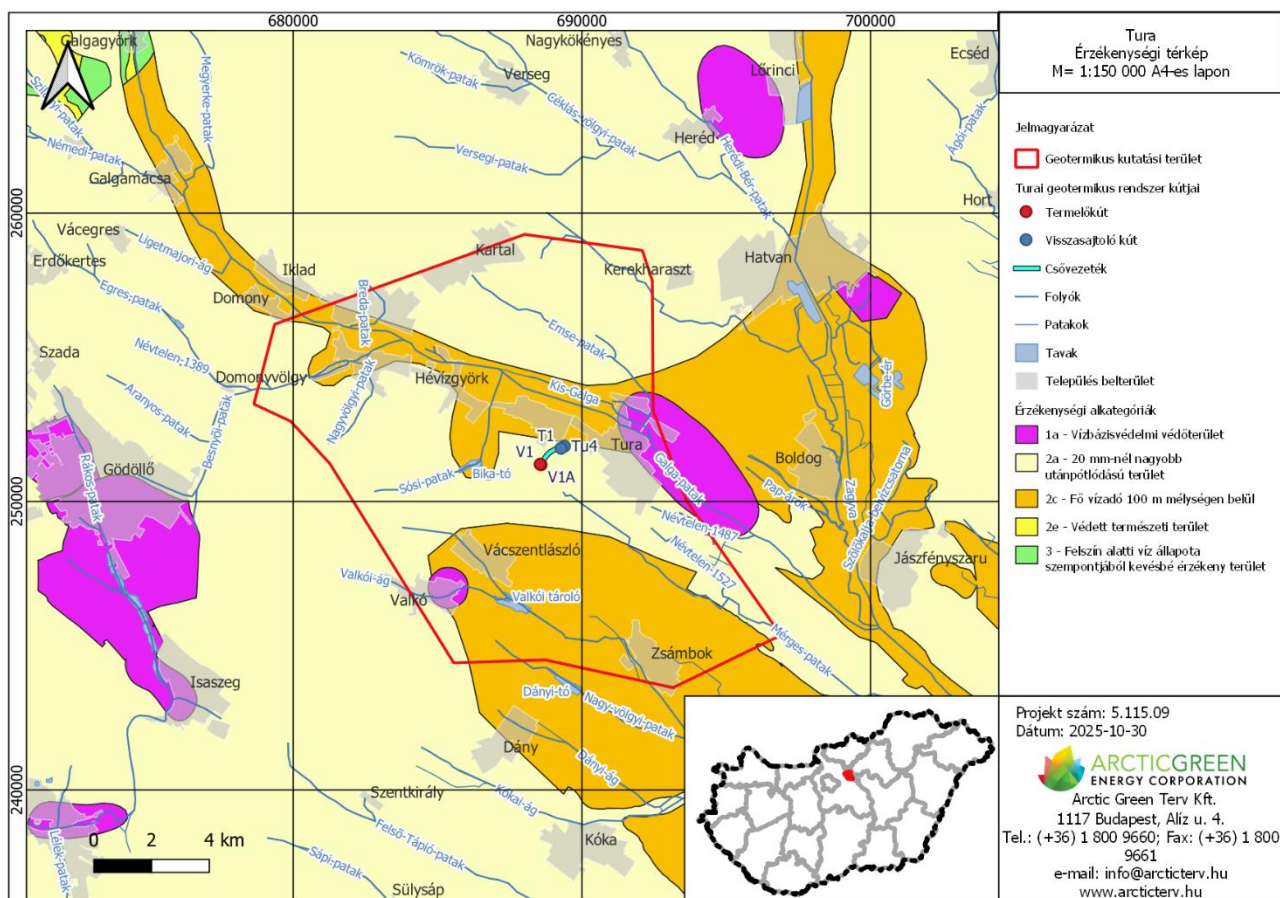
A termálvíz gáztartalma ~300-15000 l/m³ körül várható, összetételét tekintve jellemzően szén-dioxid (80-90%) és kisebb mértékben nitrogén (<10%), metánt elenyésző mértékben (<5%) tartalmaz.

3.6.3 Felszín alatti víz szempontjából érzékeny területek

A felszín alatti víz állapota szempontjából érzékeny területeken lévő települések besorolásáról szóló 219/2004. (VII. 21.) KvVM rendelet melléklete, valamint a minisztérium által közzétett érzékenységi térkép részletét, valamint a kutatási területet a 19. ábra mutatja.

A geotermikus rendszer a 2a besorolású, érzékeny területen található, azaz a csapadékból származó utánpótlódás sokévi átlagos értéke meghaladja a 20 mm/évet. A kutatási területen belül maradvá főként érzékeny, 2c alkategóriájú területek dominálnak, melyeken a fő vízadó 100 m mélységen belül helyezkedik el. Fontos megemlíteni a kutatási terület K-i, illetve DNy-i részén található fokozottan érzékeny, 1a alkategóriájú területeket is.

A tervezett projekt felszín alatti vízre gyakorolt várható hatását a 4.1.4 és 4.2.5 fejezetekben ismertetjük részletesen.



19. ábra A kutatási terület érzékenységi térképe

3.6.4A termálvízadó víztest minőségi és mennyiségi állapota

A tervezett projekt a kt.1.4. Visegrád-Veresegyház termálkarszt termálvíztestre esik. A víztest mennyiségi és kémiai állapota is jó.

A nagy kiterjedésű víztestre 9 db vízkivételi pont esik, jelentős vagy fontos minősítésű vízkivétel nincs, a víztest összes vízkivétele évente átlagosan 53 921 046,51 m³/év. A legtöbb vizet a turai geotermikus V-1A termelő kút termel, melyet a Tu-4 és T-1 visszasajtoló kutakon keresztül visszasajtolnak a vízadó rétegbe.

3.6.5 Vízkémia

3.6.5.1 Kémiai összetétel

A geotermikus fluidum kémiai összetételének értékeléséhez a termelőkutakra készült analitikai jelentések eredményei kerülnek bemutatásra. A bemutatott vízvizsgálati jegyzőkönyvek adatait a 17. táblázat mutatja be.

17. táblázat: Vizsgáló jegyzőkönyvek adatai

Kút jele	Dátum	Vizsgálólaboratórium neve	Munkaszám
V-1A	2023.10.04.	Vízkutató VÍZKÉMIA Kft.	45910
V-1	2024.10.31	Vízkutató VÍZKÉMIA Kft.	46677

A V-1A jelű termelőkútból vett minta pH-ja 6,9; semleges kémhatású. A domináns kation a nátrium, kiemelkedően magas, 500 mg/l koncentrációban, illetve magas a kalcium koncentrációja is. Szintén kiemelkedő mértékben domináns az anionok között a klorid 640 mg/l koncentrációban, de a hidrogénkarbonát tartalom is jelentős. A fajlagos elektromos vezetőképesség értéke 2610 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ami a magas ionkoncentrációra utal. A teljes oldott ásványi anyag-tartalom (TDS) szintén magas, 2320 mg/l. A vizsgált alkotók alapján a vízminta közepes oldott anyag tartalmú, nátrium-kalcium-kloridos-hidrogén-karbonátos jellegű, kemény, fluoridos, szénsavas termásvíz, melynek jelentős a jodid, a szulfid és a metakavasav tartalma.

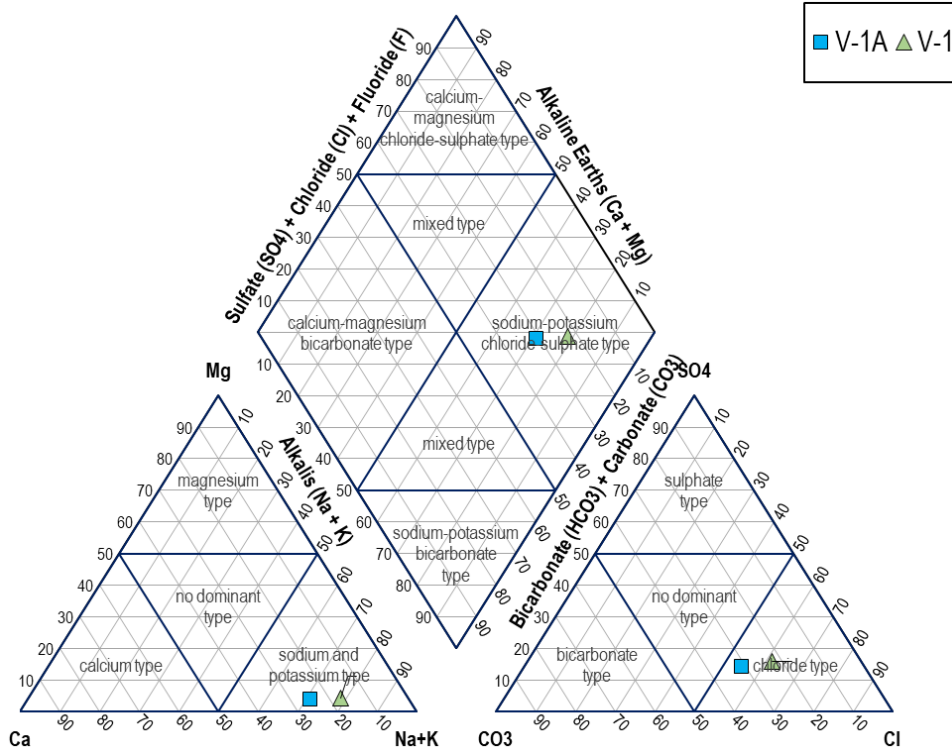
A V-1 jelű kútból vett minta pH-ja 7,6; semleges kémhatású. Domináns kation szintén a nátrium, 510 mg/l koncentrációban. Anionok közül a klorid a domináns, 620 mg/l koncentrációval. A termásvíz a V-1 kút esetében is nátrium-kloridos-hidrogén-karbonátos jellegű, kemény, fluoridos, kénes, szénsavas termásvíz, melynek jelentős a jodid és a metakavasav tartalma. Az összes oldott ásványi anyag mennyisége nagyobb, 2030 mg/l, a fajlagos vezetőképesség 2610 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A két minta Piper-diagramját a 20. ábra mutatja.

18. táblázat: *Vízanalitikai eredmények (termelőkutak)*

		V-1A	V-1
Mintavétel dátuma		2023.10.04	2024.10.31
Vizsgálólaboratórium		Vízkutató Víz kémia Kft.	Vízkutató Víz kémia Kft.
Munkaszám		45910	46677
Na ⁺	mg/l	500	510
K ⁺	mg/l	35	39
Li ⁺	mg/l	0,64	0,72
NH ₄ ⁺	mg/l	2,6	2,1
Ca ²⁺	mg/l	160	100
Mg ²⁺	mg/l	15,5	15
Fe _{oldott}	mg/l	0,54	<0,05
Mn _{oldott}	mg/l	<0,02	<0,02
NO ₃ ⁻	mg/l	<1	<1
NO ₂ ⁻	mg/l	<0,02	<0,02
Cl ⁻	mg/l	640	620
Br ⁻	mg/l	1,73	1,82
I ⁻	mg/l	0,21	0,18
F ⁻	mg/l	4,8	4
SO ₄ ²⁻	mg/l	229	220
HCO ₃ ⁻	mg/l	634	397
CO ₃ ²⁻	mg/l	0	0
PO ₄ ³⁻	mg/l	<0,05	<0,05
S ²⁻	mg/l	0,7	1,46
HBO ₂	Bmg/l	2,7	2,6
H ₂ SiO ₃	mg/l	166	165
Cianid, összes	$\mu\text{g}/\text{l}$	<5	<5
pH	-	6,9	7,6
Lúgosság	mmol/l	5,8	6,2
Fajlagos el. vezetőképesség	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2720	2610

		V-1A	V-1
Össz. keménység (CaO)	mg/l	25,9	17,4
Karbonát keménység (CaO)	mg/l	25,9	17,4
Nem karbonát keménység (CaO)	mg/l	0	0
Bepárlási maradék (180°C)	mg/l	2000	1830
Összes oldott ásványi anyag (TDS)	mg/l	2320	2030
TOC	mg/l	1,9	2
Fenolindex	µg/l	96	97
KOI _p	mg/l	2,2	2,4
Sb	µg/l	<2	<2
As	µg/l	3,3	3,5
Ba	µg/l	240	180
Zn	µg/l	23	6
Hg	µg/l	<0,2	<0,2
Cd	µg/l	<0,2	<0,2
Cr	µg/l	<2	<2
Ni	µg/l	<2	<2
Pb	µg/l	<2	<2
Cu	µg/l	10	<10
Se	µg/l	<2	<2
Hőmérséklet	°C	124,5	99,1



20. ábra Analizált termásvíz Piper-diagramja

3.6.5.2 Gáztartalom

A szeparált gázösszetétel vizsgálatának eredményeit a 19. táblázat mutatja be.

19. táblázat: Szeparált gázösszetétel (minta)

Komponens (V/V%)	V-1A	V-1
Metán	1,88	2,12
Nitrogén	4,66	5,08
Oxigén	0,26	0,26
Szén-dioxid	93,2	92,54

Az eredmények alapján látható, hogy mindkét mintában a szén-dioxid mennyisége a legnagyobb.

A levegőmentes gázösszetételek a 20. táblázatban láthatók. A vizsgált mintákban nagyon alacsony metántartalom látható.

20. táblázat: Szeparált levegőmentes gázösszetétel

Komponens (V/V%)	V-1A	V-1
Metán	1,90	2,14
Nitrogén	3,75	4,16
Oxigén	0,00	0,00
Szén-dioxid	94,35	93,70

Fajlagos összes gáztartalom (GVV): 874 l/m³

Fajlagos összes metántartalom (MVV): 14,7 l/m³

A 12/1997. (VIII. 29.) KHVM rendelet értelmében az összes metántartalom szerint a vizsgált minták a „C” gázfokozatba tartoznak.

3.7 A vizsgált terület éghajlata, levegőkörnyezetének állapota

3.7.1 Alapvető éghajlati adottságok

A vizsgált terület tájegységi besorolás alapján az Alföld nagytáj, Észak-Alföldi-hordalékkúpsíkság középtáj, Hatvani-sík kistájhoz tartozik. A kistáj területe 705 km². A vizsgált terület éghajlatát, meteorológiai jellemzőit a kistáj jellemzésén keresztül ismertetjük [9].

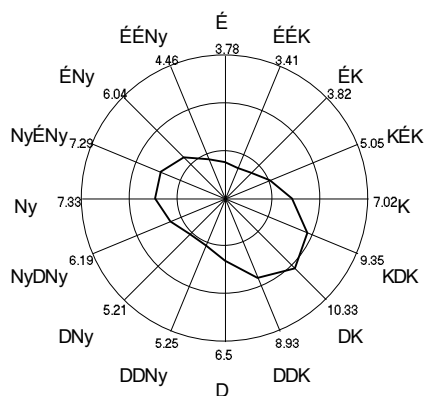
A kistáj a mérsékelt meleg-száraz éghajlati típusba sorolható. Északi részén (ahol a vizsgált terület is található) kevéssel 1950 óra alatt alakul az évi napfénytartam, amely a kistájon belül dél felé haladva megközelíti a 2000 órát is. A nyári időszak napsütéses óráinak száma 780, míg télen átlagosan 180 napsütéses órával számolhatunk.

Az évi középhőmérséklet 10,1–10,3°C, de az északi részekén értéke kevéssel 10,0°C alatt marad. A vegetációs időszak átlaga 17,0–17,5°C közötti. Április 1–4. között nő a napi középhőmérséklet 10°C fölé, majd 197–200 nappal később, október 18–20.-án csökken ismét 10°C alá. A fagymentes időszak kezdete északon április 15. körüli dátumhoz köthető, és átlagosan 190 nap múlva, október 25. körül ér véget. Délebbre haladva a kistájon belül (értelemszerűen) a fagymentes időszak hossza mintegy 204 napra nő (jellemzően április 5.-től október 28.-ig).

A csapadék évi összege 520–560 mm, de a kistáj nyugati részén az 570 mm-t is elérheti. Ebből mintegy 300–320 mm-re számíthatunk a vegetációs időszakban. A 24 óra alatt lehullott legnagyobb csapadékmennyiség 190 mm,

melyet Hatvanban jegyezték fel. A hótakarós napok száma északnyugaton 36, délkeleten 32 körüli, az átlagos maximális hóvastagság 18–20 cm.

Az ariditási index 1,25–1,33, nyugaton 1,24 alatti. A leggyakoribb szélirány az északnyugati, a második helyen a délkeleti irány áll. Az átlagos sebesség 2,5–3,0 m/s közötti értékre tehető. A vizsgált területtől mintegy 30 km-re, Gyöngyösön lévő mérőállomás sokévi mérései alapján a térségre jellemző transzport szélirány gyakoriság értékeket az alábbi ábra mutatja be (az ábra forrása: Transzmisszió 1.1 program adatbázisa).



21. ábra: A térségre jellemző transzport szélirányok (Gyöngyös)

3.7.2A terület levegőminősége

Tura a 4/2002. (X. 7.) KvVM rendelet 1. sz. melléklete alapján a „10. Az ország többi területe” megnevezésű légszennyezettségi zónába tartozik. A fontosabb légszennyező anyagok a tárgyi zónán belül az alábbi csoportokba sorolhatók:

kén-dioxid nitrogén-dioxid szén-monoxid PM₁₀ (szálló por) benzol talajközeli ózon

F

D

F

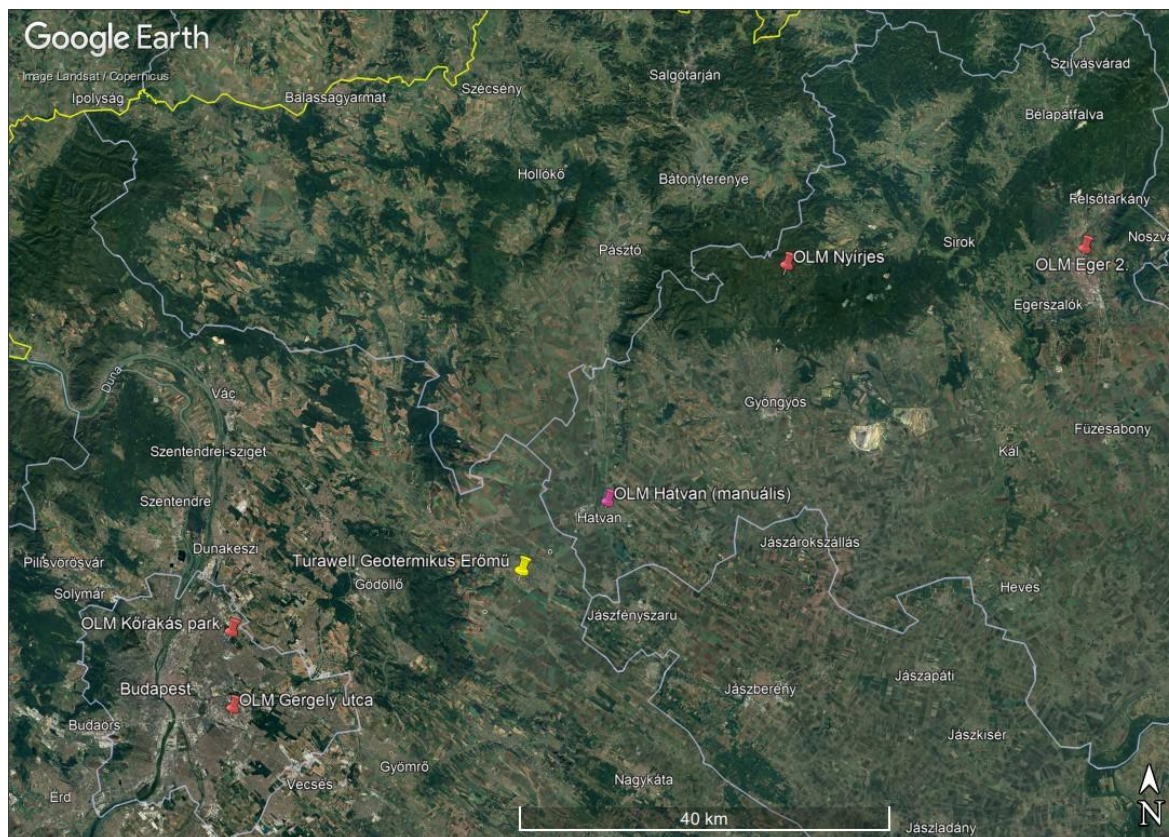
D

F

O-I

Az F csoportba azon területeket sorolják, ahol a levegőterheltségi szint az alsó vizsgálati küszöböt nem haladja meg; ez igaz a kén-dioxid, valamint szén-monoxid és a benzol szennyezőanyagokra. A D csoport esetében a levegőterheltség szintje a felső vizsgálati küszöb és a levegőterheltségi szintre vonatkozó határérték között van; ez igaz a vizsgált területen a nitrogén-dioxidra és a PM₁₀-re. Az O-I csoportba tartozó légszennyező (ózon) esetében a cél értéket a talajközeli koncentráció meghaladja.

A konkrét település levegőminőségi állapotáról ennél pontosabb információkkal nem rendelkezünk, mivel az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (OLM) sem automata, sem manuális mérőállomást Turán nem üzemeltet. A település környezetében működő automata és manuális mérőállomásokat a következő ábra mutatja.



22. ábra: A vizsgált erőmű környezetében elhelyezkedő automata immiszió mérőállomások (forrás: Google Earth)

Látható, hogy a legközelebbi automata mérőállomások (35 km távolságon belül) nyugat-délnyugati irányban az OLM budapesti (Kőrakás park: 32,7 km; Gergely utca: 34,8 km) állomásai, amelyeket a vizsgált terület vonatkozásában nem tekinthetők reprezentatívnak. Kicsit távolabb (43,3 km), északkeletre található a Nyirjes automata állomás, ez azonban a Mátra hegységben, a Galya-tető környezetében, tehát településektől távolabb üzemelő automata ún. háttérállomás, ennek adatai sem tekinthetők reprezentatívnak a vizsgált terület vonatkozásában. A legközelebbi manuális mérőállomás a mintegy 12 km-re kelet-északkeletre fekvő hatvani mérőállomás, amely azonban csak a NO₂-ot mérte 2022. augusztusáig, ezt követően leállították. A terület alap levegőterheltsége szempontjából reprezentatívnak ezért az OLM Eger 2., Malomárok utcai mérőállomásának adatait tekintettük (távolság a vizsgált területtől: 69,8 km kelet-északkelet felé). A városi háttér értékeket szolgáltató állomás 2023. évi mérési eredményei alapján a terület levegőminősége a következő táblázatban bemutatott átlagos és maximális koncentráció értékekkel jellemezhető (21. táblázat [10]).

21. táblázat: Az Eger, Malomárok u. 1. alatti mérőállomáson 2023-ban mért fontosabb átlag- és maximum értékek

Eger, Malomárok u. 1., 2023.	SO ₂	NO ₂	NO _x	CO	O ₃		Benzol		PM ₁₀
Átlagolási idő	órás	órás	órás	órás	órás	8 órás (futó átlag)	órás	24 órás	24 órás
Átlag [µg/m ³]	3,6	15,1	22,1	364	49,6	72,5	0,6	1,6	18
Maximum [µg/m ³]	64,6	83,1	273,9	2219	141,4	133,2	17,7	6,9	57
Egészségügyi határérték [µg/m ³]	250	100	—	10 000	—	120	—	10	50
Határérték-túllépés esetszáma	—	—	—	—	—	14	—	—	3
Megengedett túllépési esetszám	24/év	18/év	—	0	—	25/év	0	0	35/év

A vonatkozó egészségügyi határérték túllépése tehát az ózon és a szálló por (PM₁₀) esetében volt 2023-ban tapasztalható. A határérték túllépéssel érintett napok száma az ózon esetében 14, amely mellett a 4/2011. (I. 14.)

VM rendelet határérték túllépések esetszámára vonatkozó 1. melléklet 1.1.3.2 pont B oszlop szerinti előírása (mely szerint 2010. évtől 3 éves időszakban a túllépések megengedett maximális száma egy naptári évben 25) teljesül. A szálló por esetében a mért értékek 24 órás átlaga az $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ határértéket 3 alkalommal lépi túl (a határérték túllépések megengedett esetszáma 35).

A vizsgált terület kén-dioxid, szén-monoxid és benzol terhelése alacsony, az egészségügyi határérték nagy biztonsággal végig teljesült 2023-ban. A nitrogén-dioxid, szálló por és ózonerhelés jelentős.

A terjedés számítások értelmezése során a 2023-ra számított átlagos levegőterheltségi szinteket tekintettük a vizsgált terület alap levegőterheltségének (részletesen ld. a terjedés számítások eredményeit bemutató fejezetekben).

3.8 A telephely és környezetének zajvédelmi jellemzése

3.8.1 A vizsgált helyszín részletes leírása

A vizsgált telephely Tura és Galgahévíz határán található, a telephely területének besorolása Tura Város Önkormányzata Képviselő testületének Tura Város Helyi Építési Szabályzatáról és Szabályozási Tervéről szóló 2/2012.(II. 3.) rendelete alapján K-en - Különleges megújuló energiaforrás terület.

A telephely környezetének leírását az alábbiakban adjuk meg:

1. irány (észak, észak-kelet): A telephelytől ÉÉk-re Turához tartozó területeken Eg – Gazdasági erdő, K-sp-1, rekreációs-sportolási célú különleges beépítésre nem szánt terület található, míg Galgahévíz területén Ev – véderdő területek. Galgahévíz Lf – Falusias lakóterülete a telephely határától mintegy 630 m-re kezdődik védendő létesítményekkel, illetve kb. 650 m-re K-sz – Különleges, szálláshely létesítésére alkalmas területen lakóház található, míg Tura lakóterülete kb. 1600 m-re található. A telephelytől 570 m-re beépítetlen, és láthatóan infrastruktúrával nem rendelkező Üü – Üdülőházas üdülőövezet található. Az üdülőterület mellet gazdasági területek vannak, a terület átminősítéséről az üzemeltető az önkormányzattal tárgyalásba kezd.
2. irány (kelet, dél-kelet): Ebben az irányban a K-sp-1, rekreációs-sportolási célú különleges beépítésre nem szánt terület található, majd Ml – Mezőgazdasági rét, legelő területek, illetve Ev – Véderdő területek találhatóak, melyen túl a telephely határától mintegy 1400 m-re Üh – Hétvégiházak üdülőterület található.
3. irány (dél, dél-nyugat): Ebben az irányban védendő létesítmény nem található, Má – Általános mezőgazdasági területek vannak.
4. irány észak, (észak-nyugat): Ebben az irányban Galgahévíz külterületén Ev – Véderdő, illetve Má – általános mezőgazdasági területek találhatóak.

A telephelyet és környezetét a rendezési tervlapon a 23. ábra mutatja.



22. Táblázat: Vonatkozó zajkibocsátási határértékek

54

Terület	Határérték üzemi zaj Lth (dB)	
	nappal	éjjel
Galgahévíz Szőlő utca (3743, 249-252, 249/6, 246/1, 245-247) alatti lakóházak védendő homlokzata előtt 2 m-re	50	40

A fenti területekre vonatkozó zajterhelési határértékeket, **amennyiben a területen van védendő létesítmény** a 27/2008. (XII. 3.) Kvm-EüM együttes rendelet alapján az alábbi táblázatban mutatjuk be:

23. Táblázat: Zajterhelési határértékek

Terület	Határérték üzemi zaj Lth (dB)	
	nappal	éjjel
Falusias lakóterület	50	40
Nem védendő területen (Különleges terület) lévő védendő létesítmény esetén	60	50
Üdülőterület	45	35

A határértékeknek:

- az épületek (épületrészek) külső környezeti zajtól védendő azon homlokzata előtt, amelyen legfeljebb 45 dB beltéri zajterhelési határértékű helyiség (Kortermek és betegszobák, tantermek, lakószobák, étkezőkonyha, étkezőhelyiség lakóépületben), könyvtári olvasóterem, orvosi vizsgáló helyiség nyílászárója van, az egyes épületszintek padlószintjének megfelelő magasságtól számított 1,5 m magasságban a nyílászárótól általában 2 m.
- az üdülőterületeken, az egészségügyi területen a zajtól védendő épületek elhelyezésére szolgáló ingatlanok határán,
- a temetők teljes területén
- kell teljesülnie.

3.8.3 Jelenlegi alapállapot

A telephelyen lévő erőmű jelenleg nem üzemel, és a bővítést követően sem várható, hogy ismételt üzembe állítják. Az alapállapot megismerése céljából a legközelebbi védendő létesítményeknél zajmérést végeztünk. A vizsgálati eredményeket az alábbiakban foglaljuk össze:

3.8.3.1 A méréshez használt műszerek és berendezések

24. Táblázat: Méréshez használt műszerek

Megnevezés	Típus	Gyári száma	Hitelesítési szám	Hitelesítés dátuma	Hitelesítés érvényessége
Zajszint analizátor	SVANTEK 977CE	98876	M810103	2024. 08. 02.	2026. 08.02.
Akusztikai kalibrátor	Svantek SV 30A	29103	AKU 0050/2016	2016. 06. 23.	-*

* A MKEH Mérésügyi és Műszaki Biztonsági Hatóság Kalibrálási bizonyítványa alapján az újrakalibrálás időpontját a felhasználó dönti el a mérőeszköz használatának és állapotának függvényében.

- A zajmérések során alkalmazott műszerek pontossága: I. osztály.
- A vizsgálati eredmények pontossági fokozata: pontos értékek
- Helyszíni pontosság ellenőrzés: Svantek SV 30A típusú akusztikai kalibrátorral:
- mérések előtt 94 dB 2×10^{-5} Pa-ra vonatkoztatva 1kHz (a műszeren beállítva),
- mérések után 94 dB 2×10^{-5} Pa-ra vonatkoztatva 1kHz.

3.8.3.2 Meteorológiai tényezők

A mérés során tapasztalt meteorológiai viszonyokat a 25. táblázat ismerteti.

25. táblázat: Meteorológiai viszonyok

Jellemző	Mennyiség		M.E.
	nappal	éjjel	
Hőmérséklet	18	10	°C
Szélsebesség	szélcsend	szélcsend	m/s
Szélirány	-	-	
Egyéb jellemző	borult ég	borult ég	

3.8.3.3 A mérési pontok leírása

A mérési pontokat a telephely határán, illetve a legközelebbi védendő létesítmények előtt jelöltük ki. Ezen kívül végeztünk mérések az előzetesen az érintett önkormányzatoktól kapott ingatlanok környezetében is, azonban ezeken a pontokon az erőmű által kibocsátott zaj egyáltalán nem volt érzékelhető.

A mérési pontok helyét a 24. ábra mutatja.



24. ábra: Mérési pontok a védendő létesítményeknél

A mérési pontok pontos helyét a 26. táblázatban foglaljuk össze.

26. táblázat: Mérési pontok helye

Pont jele	Helye	Magasság	Pont jellege
G1	Galgahévíz Dobó István u. 61. alatti védendő létesítmény védendő homlokzata előtt 2 m-re	1,5 m	ZT
G2	Galgahévíz Kossuth u. 81. alatti védendő létesítmény védendő homlokzata előtt 2 m-re	1,5 m	ZT
G3	Galgahévíz Rákóczi u. 51. alatti védendő létesítmény védendő homlokzata előtt 2 m-re	1,5 m	ZT
G4	Galgahévíz Jókai Mór u. 49. alatti védendő létesítmény védendő homlokzata előtt 2 m-re	1,5 m	ZT
G5	Galgahévíz, Kossuth u. 0103/2 hrsz.	1,5 m	ZT
T1	Tura, Hőforrás u. 1 alatti védendő létesítmény védendő homlokzata előtt 2 m-re	1,5 m	ZT
T2	Tura, Fácán u. 22 alatti védendő védendő terület határán	1,5 m	ZT

ZT: Zajterhelési pont

ZK: Zaj kibocsátási pont

3.8.3.4 A vizsgálati módszer, az egyes mérések elvégzésének módja, és időtartama

Üzemi vagy szabadidős létesítmények környezeti zajterhelés vizsgálatát, az illetékes környezetvédelmi hatóság által meghatározott környezeti zajterhelési határértékek ellenőrzése céljából, az MSZ 18150-1:1998. A környezeti zaj vizsgálata és értékelése című szabvány alapján végeztük.

Jelenleg a telephely környezetének jelenlegi, alapzaj terhelésének meghatározása volt a feladat. Ennek megfelelően amérési időt a zaj jellege alapján úgy határoztuk meg, hogy a mért L_{Aeq} egyenértékű hangnyomósszint ingadozása maximum 0,1 dB legyen. A méréseket egyéb zavaró zajok (kutyaugatás, autóelhaladás) esetén megállítottuk, majd a zaj megszűnése után folytattuk.

3.8.3.5 Mérési eredmények

Egyéb, üzemi zaj nem volt a területen érzékelhető ezért megadjuk a háttérterhelésként használható 95%-os statisztikai szintet is. A mérési eredményeket az alábbi táblázatban mutatjuk be.

27. táblázat Vizsgálati eredmények és értékelésük

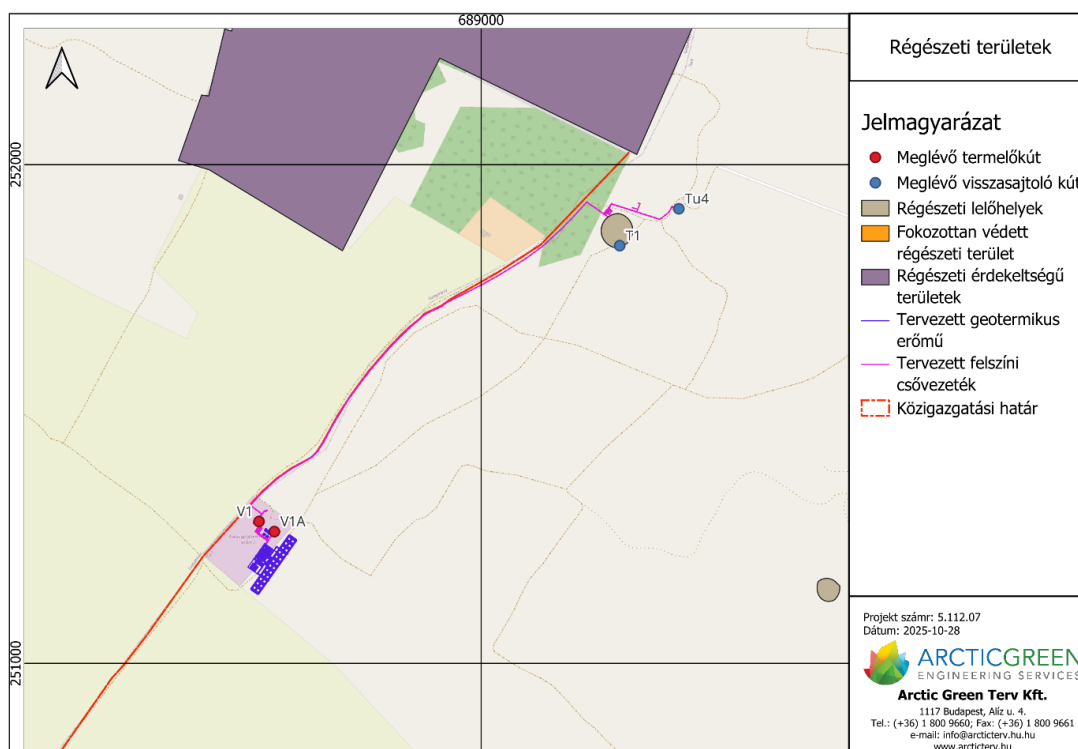
Mérési pont	nappal		éjjel	
	L_{Aeq} (mért)dB(A)	$L_{95dB(A)}$	L_{Aeq} (mért)dB(A)	$L_{95dB(A)}$
G1	32,1	29,5	30,2	28,8
G2	31,9	29,1	29,9	27,2
G3	31,3	28,9	30,1	28
G4	31,2	28,5	29,9	27,2
G5	30,5	27,1	26,9	24,4
T1	31,1	27,2	29,1	28
T2	32,2	29,1	30	28,7

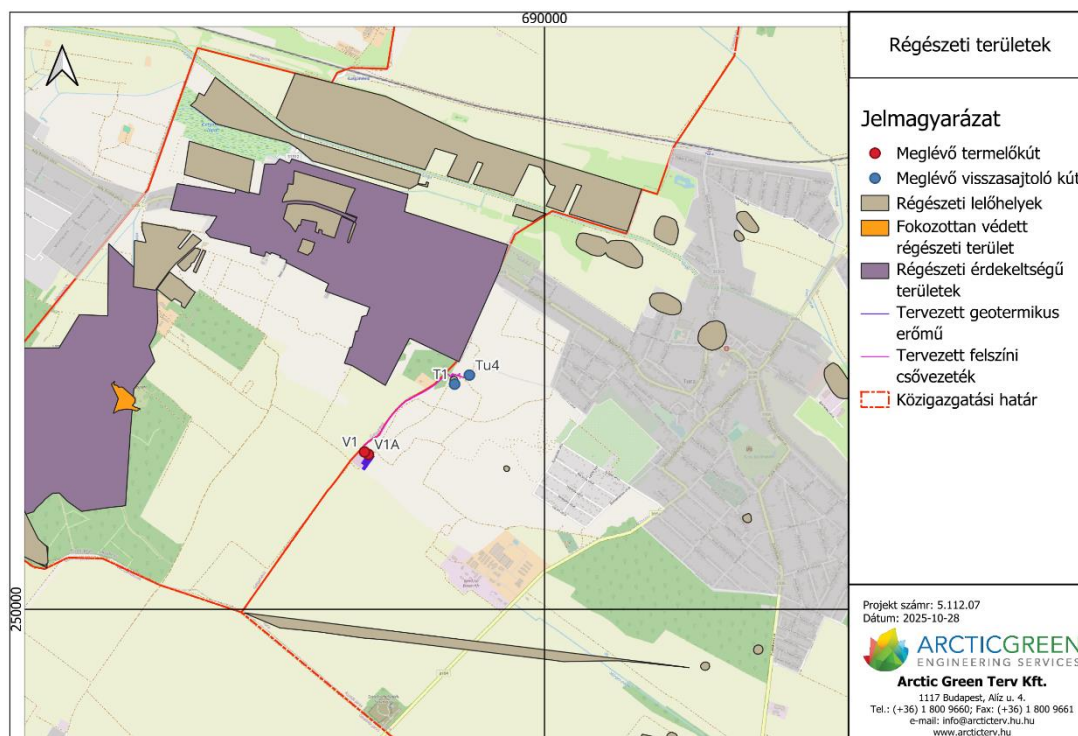
3.9 A vizsgált terület védett területei és értékei

A vizsgált terület élővilág-védelmi fejezeteit a **11. melléklet** és tájképvédelmi fejezeteit a **12. melléklet** mutatja be.

3.9.1 Kulturális örökség védelme

A vizsgált területen található régészeti lelőhelyek és műemléki védettség alá eső épületek elhelyezkedését a turai (Tura Város Önkormányzata Képviselő-testületének 2/2012.(II. 3.) rendelete Tura Város Helyi Építési Szabályzatáról és Szabályozási Tervéről), illetve galgahévi (Galgahévíz Község Önkormányzata Képviselő-testületének 6/2007. (VI. 6.) önkormányzati rendelete Galgahévíz Község helyi építési szabályzatáról és szabályozási tervéről) HÉSZ alapján készített 25. ábra mutatja. A térségben több foltban nyilvántartott régészeti lelőhely is található, azonban ezek többnyire a tervezési területtől távolabb helyezkednek el. A projekt által érintett területeken, a visszasajtoló kutak környezetében található két kisebb régészeti lelőhely, a termelő kutak és az erőmű környezetében ismert régészeti lelőhely nincs.



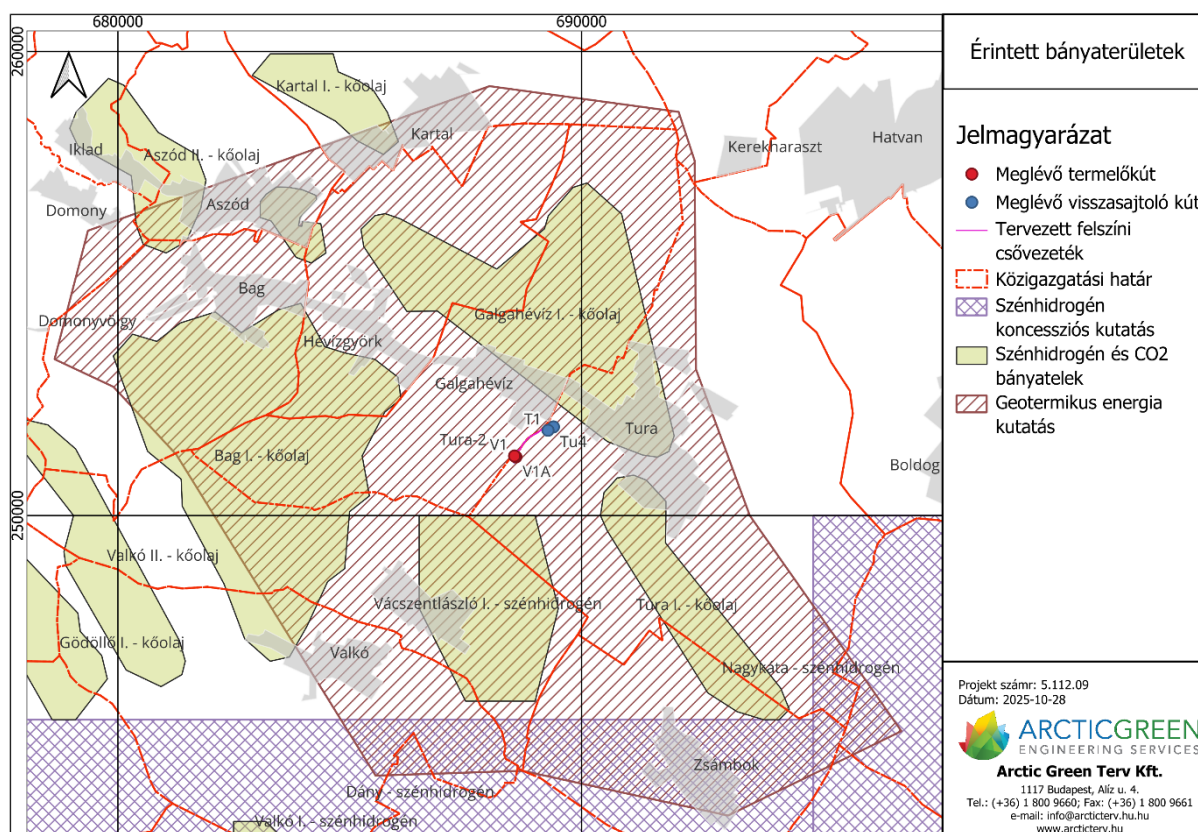


25. ábra: Kulturális örökségvédelmi területek az érintett területen

A tervezett létesítmények feltételezhetően nem érintenek régészeti lelőhelyet. A környezeti hatásvizsgálat benyújtásakor az ERD elkészítése még nem történt meg, erre majd az építési engedélyezés során kerül sor.

3.9.2 Bányatelkek és koncesszióra kijelölt területek

A tervezési területen folyó bányászati tevékenységekről szóló információ alapjául a Bányászati Hivatal rendszeresen frissítésre kerülő adatbázisa szolgált. Tura térségében a Mogyoród – szénhidrogén koncessziós kutatási terület, illetve a Vácszentlászló-I.- szénhidrogén bányatelkek található (1,3 km-re a tervezett erőmű területtől). Továbbá, értelemszerűen a Tura – geotermikus kutatási terület húzódik a területen. A tervezési területtől kb 2 km-re nyugatra található a Valkó- geotermikus kutatási terület is. Elhelyezkedésüket a 26. ábra mutatja, jellemző paramétereiket a 28. táblázatban foglaltuk össze.



26. ábra: Bányatelkek Tura környezetében

28. táblázat: Környező bányatelkek jellemző adatai

#	Bányatelek megnevezése	Jövesztett anyag	Státusz	Terület [km ²]	Tulajdonos
1.	Tura- I. kőolaj	kőolaj	koncessziós bányatelek	6,8126	OGD Mogyoród Koncessziós Kft.
2.	Vácszentlászló I.- szénhidrogén	kőolaj, szénhidrogén földgáz	bányatelek	10	MOL Magyar Olaj és Gázipari Nyrt.
3.	Bag I. -kőolaj	kőolaj	koncessziós bányatelek	18,545	OGD Mogyoród Koncessziós Kft.
4.	Galgahévíz I.- kőolaj	kőolaj	koncessziós bányatelek	26,8036	OGD Mogyoród Koncessziós Kft.
5.	Tura 2- geotermikus kutatás	geotermikus energia	geotermikus kutatás	171,357	KS Orka Hungary Kft.

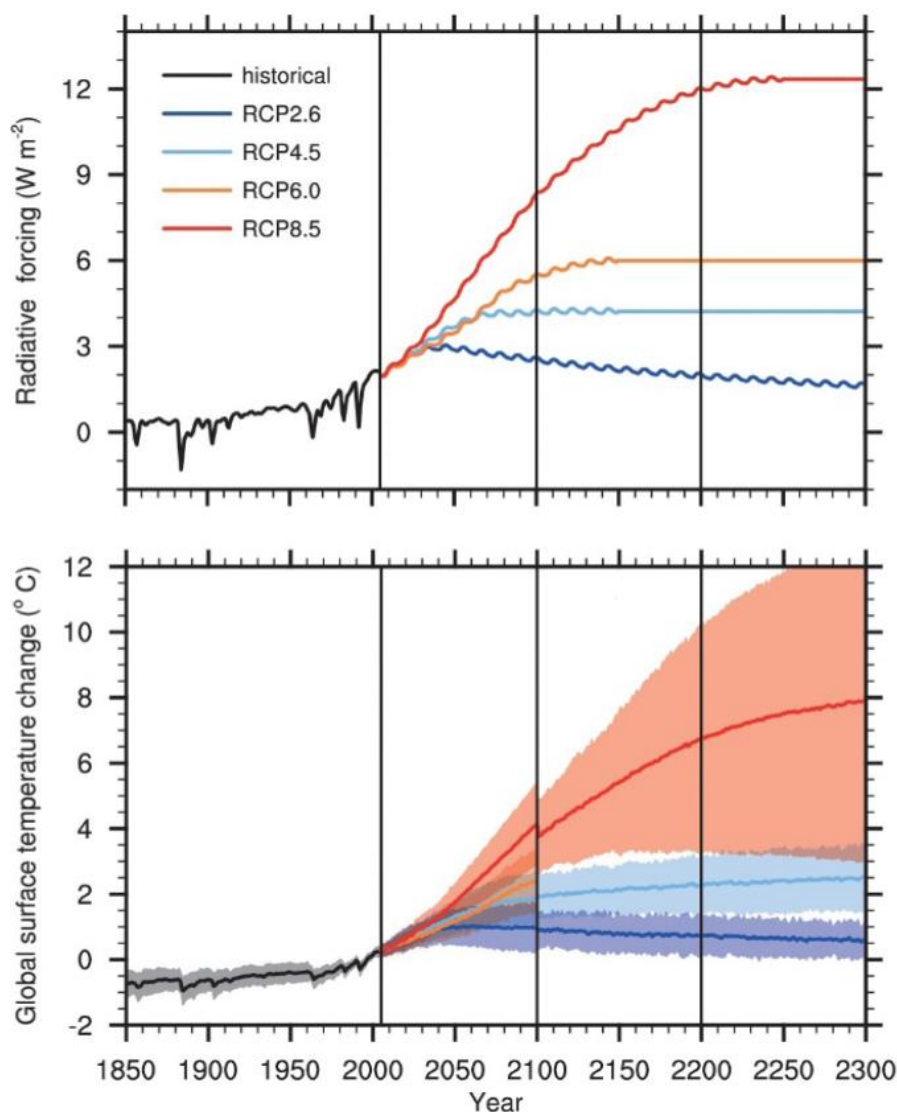
Üzemelő bányatelek a projekt által nem érintett. A legközelebbi üzemelő Vácszentlászló-I.- szénhidrogén bányatelek ~1,3 km-es távolságban fekszik a projekt területtől. Több koncessziós bányatelek is található a projektterület közelében, 465 m-re a Galgahévíz I.- kőolaj koncessziós bányatelek, 2 km-re a Tura-I. kőolaj koncessziós bányatelek, 2,8 km-re a Bag I.- kőolaj koncessziós bányatelek található.

A projekt a Tura-2 geotermikus kutatási területen helyezkedik el, a kutatás jogosította, a KS-Orka Hungary Kft. a Turawell Kft. tulajdonosa. A kutatási terület vertikális kiterjedését tekintve a -250 m fedő szinttől a -3.500 m-es alap szintig terjed.

3.10 Várható éghajlatváltozás a vizsgált területen

Az éghajlatvédelmi elemzést a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú melléklet 3.d) pont szerinti szempontrendszer, továbbá a Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozata által készített Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt megalapozó adatbázisok alkalmazása című útmutatója [2] alapján készítettük el.

A klímaváltozás várható alakulását forgatókönyvekkel, szcenáriókkal jellemezhetjük, melyek alternatív képet adnak az éghajlatváltozás várható kimeneteleiről és azok következményeiről. Leírása éghajlati vagy sugárzási kényszerrel történik. Ez olyan index, amely megmutatja, hogy az egyes hatótényezők, mint a klímaváltozás potenciális okai az 1750-es állapothoz képest, milyen mértékben változnak, melyet a 2100-ra érvényes sugárzási kényszerrel jellemeznek.



27. ábra: RCP forgatókönyvek lehetséges kimenetelei [5]

A sugárzási kényszer (SK) összetevői:

- Üvegházhatású gázok
- Ózon
- Sztratoszférikus vízgőz
- Felszínalbedo
- Teljes aeroszol hatás
- Kondenzcsíkok
- Nap kisugárzása
- Teljes eredő antropogén

A Szenáriók alakulását a 27. ábra mutatja be. Az ábrán a sugárzási kényszer változása alapján négyféle kimeneteli lehetőséget jósolnak a klímakutatók:

- RCP 8.5 Ez egy ún. kiindulási - a szakirodalomban „baseline” - Szenárió, ami a többitől eltérően nem határoz meg semmilyen célt az éghajlatváltozás mérséklésével kapcsolatban a vizsgált időszak végére.
- RCP 6 Az RCP 8.5-höz képest a legfontosabb különbség az, hogy ez a Szenárió már figyelembe veszi azokat a rendelkezéseket és irányelveket, amelyeknek célja a klímaváltozás mérséklése.
- RCP 4.5 Az ipari forradalom előtti időszakhoz képest a sugárzási kényszer megváltozásának mértéke 2500-ra $4,5 \text{ W/m}^2$. Ezt az értéket anélkül éri el, hogy a korábbi években átlépné.
- RCP3-PD (peak and decline), újabban: RCP 2.6 A pozitív klímajövő, a környezet adaptációs képességét, a klímapolitikai intézkedéseket, a kibocsátások drasztikus csökkentésére vonatkozó intézkedésekkel párosítva olyan Szenáriót jellemez, amelyben a sugárzási kényszer a század közepén eléri 3 W/m^2 maximum értékét, ezt követően csökkenni fog (más modellek szerint $2,6 \text{ W/m}^2$ értékig).

Cél a pozitív klímajövő elérése, amely lokális és globális intézkedéseket igényel.

Az éghajlatváltozás problémakörének sajátossága, hogy mind a kiváltó okok (például az üvegházhatású gázok kibocsátása), mind a valószínűsíthető hatások (természeti, társadalmi, gazdasági stb. következmények) átlépik az országhatárokat; kezelésük ezért nemzetközi együttműködést igényel.

Az 1990-es években a nemzetközi klímapolitikai fellépés érdekében egy keretegyezményt és egy konkrétabb intézkedéseket meghatározó jegyzőkönyvet fogadtak el, azóta pedig már több nemzetközi jogi eszköz is foglalkozik a globális klímapolitikai együttműködéssel. Ezek az 1992. évi ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény (UNFCCC), az 1997. évi Kiotói Jegyzőkönyv, a Kiotói Jegyzőkönyv 2012. évi Dohai Módosítása és a 2015. évi Párizsi Megállapodás. Utóbbi három a Keretegyezmény céljainak megvalósítását szolgálja.

Jelentőségük elsősorban abban nyilvánul meg, hogy - a gyarapodó tudományos eredményekre támaszkodva - már a legmagasabb politikai szinten nyert elismerést e globális környezeti folyamat veszélye és a nemzetközileg koordinált lépések megtételének szükségessége annak kezelésére.

Az Országgyűlés által 2008-ban elfogadott első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia hatályos jogszabályi felülvizsgálatának eredményeképpen 2013-ban készült el a 2014-2025-re, kitekintéssel 2050-re vonatkozó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia tervezete, amelyet a kormány 2015. június 2-án nyújtott be az Országgyűlés részére.

Időközben az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye Részes Feleinek 21. konferenciája keretében 2015 decemberében a tagállamok elfogadták az új globális „Párizsi Megállapodást”, illetve az azt támogató döntéseket tartalmazó „Párizsi Csomagot”, ezeknek megfelelően szükségessé vált a stratégia felülvizsgálata, átdolgozása.

A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia magában foglalja az éghajlatváltozás várható magyarországi hatásainak, természeti és társadalmi-gazdasági következményeinek, valamint az ökoszisztémák és az ágazatok éghajlati sérülékenységének értékelését, az üvegházhatású gázok kibocsátásának 2050-ig tartó csökkentésére vonatkozó célokat, prioritásokat és cselekvési irányokat tartalmazó Hazai Dekarbonizációs Úttervet, valamint a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégiát. Ez utóbbi fő célja az éghajlatváltozással és a klímabiztonsággal összefüggő

kockázatok megelőzése, a károk mérséklése, valamint az éghajlatváltozás megelőzését, az éghajlatváltozásra való felkészülést és alkalmazkodást szolgáló szemléletformálási tevékenységek célrendszerének bemutatása.

A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiában megfogalmazottak megvalósításához fontos a szoros összhang a többi stratégiai dokumentum által megfogalmazott célokkal, ezért annak cél- és eszközrendszere lehetővé teszi az Európai Unió pénzügyi forrásai éghajlatvédelmi célú felhasználásának fókuszált megvalósítását és nyomon követését.

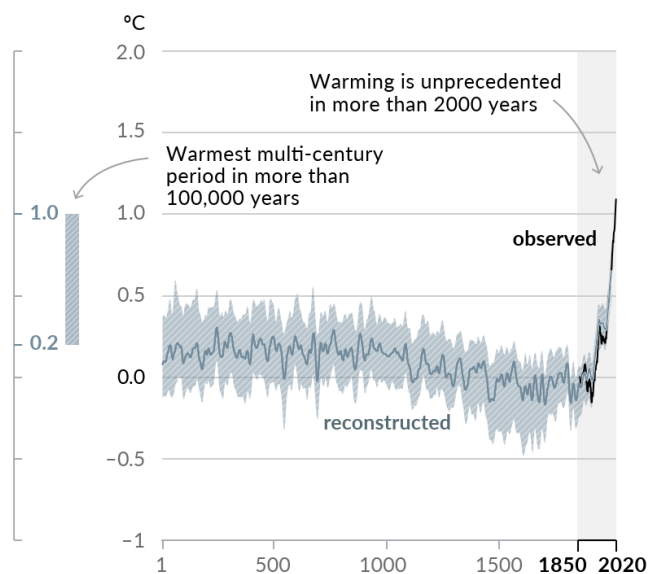
A 314/2005 (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló jogszabály 6. számú mellékletében meghatározott tematika szerint vizsgálni kell a beruházással kapcsolatba hozható éghajlatvédelmi szempontok értékelését.

Az alkalmazkodási helyzetértékelés szerint kiemelkedő jelentőségű problémák, érintettségi tényezők a következők:

- Hőhullámok
- Aszály
- Villámárvizek, árvizek, belvizek
- Viharok
- Extrém csapadékesemények
- Természeti értékek veszélyeztetettsége
- Erdőtűz veszélyeztetettsége
- Turizmus veszélyeztetettsége
- Ivóvízbázis veszélyeztetettség

3.10.1 Globális és európai változások [2]

Az IPCC legutóbbi, hatodik értékelő jelentése [6] szerint az éghajlat megváltozása az egész klímarendszerben megfigyelhető. Az elmúlt 800 ezer évben nem volt ilyen magas a légköri szén-dioxid, metán és dinitrogén-oxid koncentrációja, mint ma. Az átlaghőmérséklet közel 125 ezer éve nem volt ilyen magas és az elmúlt 2000 évben nem volt ekkora ütemű melegedés a Földön (28. ábra).

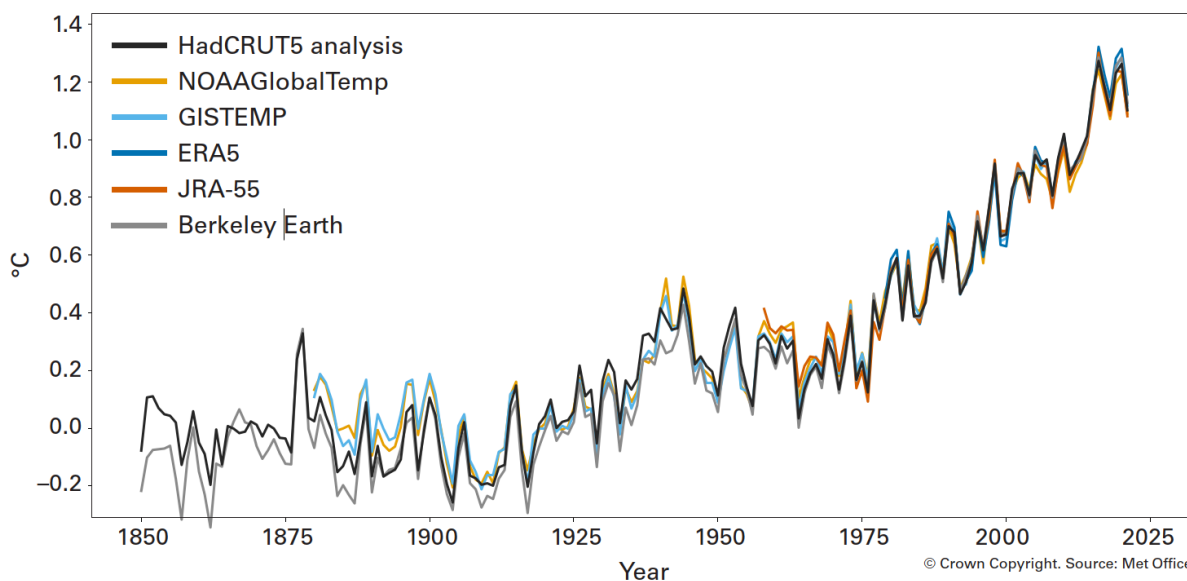


28. ábra: A globális átlaghőmérséklet változásai (°C tízéves átlagokkal) az 1850–1900 időszakhoz viszonyítva

Fenti ábrán a diagram paleoklimatológiai adatsorokból rekonstruálva (szürke görbe, 1–2000 időszak) és műszeres megfigyelések alapján (fekete görbe, 1850–2020 időszak) készült. A bal oldali függőleges sáv annak a

hőmérsékletemelkedésnek a legvalószínűbb tartományát mutatja, amely az elmúlt kb. 100 000 év legmelegebb időszakában, a holocénben, kb. 6500 évvel ezelőtt lépett fel és több évszázadig tartott. A fehéren vonalazott szürke sáv a klímarekonstrukciók valószínű tartományát jelzi. [6]

Ilyen hosszú időszak klímájáról közvetett megfigyelések, úgynevezett „proxy” adatsorok nyújtanak információt. A Proxy Adatbázis Hálózatban szereplő adatbázisok között fellelhetők a fák évgűrűi, a tengeri és édesvízi üledékek rétegzettsége, a cseppkövek, a korallak, a jégfurat minták, valamint a történeti feljegyzések alapján előállított idősorok. A segítségükkel rekonstruált globális felszínhőmérsékleti adatsorok alapján a középkori meleg időszakot egy lehűlési fázis követte kb. 1550-től 1850-ig. Ez a több évszázadig tartó hűvös periódus volt a „kis-jégkorszak”, ami az előző jégkorszak hidegfázisa óta a leghűvösebb időszak volt. A 19. század végére ez a hideg periódus lezárult. A közelmúlt néhány évtizedében bekövetkezett melegedés jelentős pozitív anomáliának számít, az átlaghőmérséklet mára 1,1 °C-ot emelkedett az iparosodás előtti időkhöz képest (29. ábra). Ezt az időszakot már sokkal pontosabban, mérőműszerek adataival tudjuk jellemezni.



29. ábra: A globális éves átlaghőmérséklet anomáliái az iparosodás előtti (1850–1900 időszakbeli) állapothoz képest hat globális hőmérsékleti adatbázis alapján [7]

Az éghajlatváltozás legnyilvánvalóbb tünete és egyben indikátora is az átlaghőmérséklet emelkedése, de ezen kívül a változó éghajlati körülményeknek még számos egyéb jelét tapasztaljuk.

Az óceánok felmelegedésének üteme kiemelkedően gyors volt az elmúlt két évtizedben. A felhalmozott hő körülbelül 90 %-a az óceánokban raktározódik, ezáltal az óceánok felső 2000 méteres rétege rekord meleg volt 2020-ban. Az óceánok a légkörbe kibocsátott emberi eredetű CO₂ körülbelül 23%-át nyelik el, így egyre savasabbá válnak. A nyílt óceánfelszín pH-ja világszerte csökkent az elmúlt 40 évben, a jelenlegi érték legalább 26 000 éve a legalacsonyabb. A pH csökkenés viszont azzal is jár, hogy az óceánok CO₂-elnyelő képessége is csökken.

A globális átlagos tengerszint-változás elsősorban az óceánok felmelegedésének a következménye a tengervíz hőtágulása miatt. Ezen kívül a szárazföldi jégolvadás is emeli a tengerszintet. A globális felmelegedés hatására a Föld szinte minden pontján olvadnak a jég- és hótömegek. A becslések szerint az elmúlt évtizedben tapasztalt globális tengerszint-emelkedés közel kétharmadáért a grönlandi jégtakarók olvadása a felelős. Az északi-sarkvidéki tengeri jég is erőteljesen olvad – az elmúlt 4 évtizedben az átlagos tengeri jégborítás legalább 40 %-kal csökkent, az átlagos jégvastagság pedig kevesebb, mint a felére esett vissza. 2020-ban az Antarktisz az 1981–2010-es átlag közelében alakult a jégkiterjedés. Az antarktiszi tengeri jég állapota 2005-ig viszonylag stabil volt, de azóta gyorsuló olvadás figyelhető meg.

Európa gyorsabban melegszik a globális átlagnál. A melegedés ugyanis nem egyenletesen oszlik el a Földön: az északi félteke magasabb szélességei és a sarkvidék térsége melegszik jobban. A szárazföldi területek éves

középhőmérséklete 2011 és 2020 között 1,7–1,9 °C-kal volt magasabb, mint az iparosodás előtti időszakban. Kiemelkedő melegedést figyeltek meg az Ibériai-félszigeten, Közép- és Északkelet-Európában, a hegyvidéki régiókban, valamint Skandinávia déli részén. A csapadék területi eloszlása változik: Európa csapadékos területei általában csapadékosabbak, a száraz régiók pedig szárazabbá válnak. Az éghajlattal kapcsolatos szélsőségek, például a hóhullámok, a nagycsapadékok és az aszályok gyakorisága és intenzitása sok régióban növekszik.

Az éghajlatvédelmi elemzést a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 6. számú melléklet 3.d) pont szerinti szempontrendszer, továbbá a Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozata által készített Módszertani útmutató az éghajlatváltozás hatásainak érzékenységvizsgálatához és kitétségi elemzéséhez című útmutatója alapján készítettük el.

3.10.2 Az éghajlatváltozás által befolyásolt projekt azonosítása

Az éghajlatváltozás valamilyen módon minden tevékenységet, beruházást érint. A felmelegedés növekvő üteme és nagyságrendje, továbbá az éghajlati rendszerben tapasztalt más változások növelik a súlyos, átfogó és esetenként visszafordíthatatlan káros hatások kockázatát. Az éghajlatváltozás befolyásolni fogja a környezeti és társadalmi rendszereket, melyek körülveszik a fizikai eszközöket és infrastruktúrákat, és azok kölcsönhatását ezekkel a rendszerekkel.

Annak érdekében, hogy meghatározzuk, hogy egy adott projekt milyen mértékben befolyásolt az éghajlat által, a következő táblázatban szereplő ellenőrző listát alkalmazhatjuk.

Amennyiben a projekt adaptációs projekt, vagyis fő célja a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás elősegítése, szükségesek további vizsgálatok a beruházásra vonatkozóan a következő táblázatban 1-9. kérdésekre adott válaszoktól függetlenül.

Jelen projekt nem minősül adaptációs projektnak; elsődleges célja geotermikus energia termelése és hasznosítása (villamosenergia), nem pedig az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás közvetlen elősegítése.

Ha nem adaptációs projektről van szó, a következő, 1. kérdésére a válasz „igen”, és emellett a 2–9. kérdések bármelyikére „igen”-a válasz, a végrehajtandó projekt az éghajlatváltozás által potenciálisan befolyásolt projekt, ezért a projekt sérülékenységi elemzésének elvégzése és a projekt klímabiztossági tétele az adaptációs útmutatóban [4] foglaltak szerint javasolt. Ha a következő táblázat minden kérdésre „nem” a válasz, akkor további elemzésre nincs szükség.

29. táblázat: A beruházás éghajlat, éghajlatváltozás befolyásoltságának vizsgálata

1. Fizikai beruházás esetében annak tervezett élettartama, egyéb beruházás esetén a projekt tervezett működése legalább 15 év?	igen/nem
2. A projekt megvalósításának helyszíne, illetve a projekt sikeressége szempontjából releváns egyéb helyszínek az éghajlatváltozásnak kitett helyszínek-e?	igen/nem
3. A projekt létesítményeket és tevékenységeket negatívan érint-e a magasabb hőmérséklet és az egyéb éghajlati paraméterek változása Az éghajlatváltozás vezethet-e csökkent termelékenységhez, magasabb költségekhez vagy a berendezések meghibásodásához?	igen/nem
4. A víz szerves része-e a projekt működtetésének, illetve szerves része-e a projekt által előállított termékeknek vagy szolgáltatásoknak?	igen/nem
5. A projekt energiaellátását megzavarhatja-e az időjárás változékonysága vagy az éghajlatváltozás?	igen/nem
6. A projekt által előállított termékek és szolgáltatások árát vagy mennyiségét befolyásolja-e az éghajlatváltozás, illetve azok függnek-e más közbeszű termékektől vagy szolgáltatásoktól, amelyek árát vagy mennyiségét befolyásolhatják éghajlati paraméterek vagy időjárási események?	igen/nem
7. A projekt szállítási útvonalai különösképpen ki vannak-e téve és érzékenyek-e időjárási eseményekre?	igen/nem
8. A projekt üzemeltetéséhez szükséges munkaerő különösképpen ki van-e téve hőmérsékleti stressznek vagy szélsőséges időjárási eseményeknek?	igen/nem

9. A projekt termékei és szolgáltatásai iránti keresletet befolyásolja-e az időjárás vagy éghajlat?	igen/nem
---	----------

A fenti táblázat értékelése alapján a tervezett fejlesztés az éghajlatváltozás által potenciálisan befolyásolt projekt.

3.10.3 Érzékenység vizsgálat

Az érzékenység egy-egy rendszerhez (pl. ökoszisztéma, emberi egészség, fizikai infrastruktúra) kapcsolódó tulajdonság. Jelen esetben az érzékenység egy-egy projektpushoz kapcsolódik elsősorban. Egy projekt típus esetében az érzékenység azt mutatja, hogy az adott projekt egy adott éghajlatváltozási hatásra milyen mértékben érzékeny, pl. az utak érzékenyek lehetnek a hőhullámokra, az épületek az árvízre, stb., mivel ezek az események károkat okoznak az utakban, épületekben, illetve az azok által betöltött funkciókban.

Az érzékenység vizsgálat az éghajlatváltozás elsődleges és másodlagos hatásainak a beruházásra és az általa nyújtott szolgáltatásra, valamint a szolgáltatás inputjára és outputjára gyakorolt hatásának a feltárása.

Első lépésben meg kell határozni a projekt potenciális érzékenységét az éghajlati paraméterek teljes skálájára (pl. eső, szél, hőmérséklet), valamint a másodlagos, éghajlattal összefüggő hatásokra (pl. árvíz, aszály).

A projektek potenciális éghajlati veszélyekre való érzékenységét 6 tényező szerint lehet osztályozni:

1. Projekthelyszínen található eszközök és folyamatok,
2. Termelési tényezők (víz, energia, stb.),
3. Termékek (beleértve a saját előállítású vagy vásárolt közbeszű termékeket),
4. Közlekedési kapcsolatok,
5. A projekt által előállított termékek vagy szolgáltatások, és
6. a projekthelyszín környezetében található meglévő eszközök és infrastruktúrák, melyeket a projekt, illetve a projekt adaptációs intézkedései befolyásolhatnak

30. táblázat: A tervezett tevékenység érzékenységének vizsgálata

Éghajlati paraméter változása	A beruházás helyszínén található eszközöket és folyamatokat befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A termelési tényezők (munkaerő, víz, energia, nyersanyagok, félkész termékek és alkatrészek) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	Termékek (beleértve a saját előállítású vagy vásárolt közbeszű termékeket) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	Közlekedési kapcsolatokat, a munkaerő, inputok és termékek szállításának megbízhatóságát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A projekt által előállított termékek vagy szolgáltatások iránti keresletet befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A projekt helyszín környezetében található meglévő eszközök és infrastruktúrák sérülékenységét és adaptációs képességét befolyásolja-e a projekt?
1. Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
2. Nyári napok számának növekedése (napi max. > 25 °C)	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
3. Fagyos napok számának csökkenése (napi min. < 0 °C)	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony

Éghajlati paraméter változása	A beruházás helyszínén található eszközöket és folyamatokat befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A termelési tényezők (munkaerő, víz, energia, nyersanyagok, félkész termékek és alkatrészek) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	Termékek (beleértve a saját előállítást vagy vásárolt közbesző termékeket) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	Közlekedési kapcsolatokat, a munkaerő, inputok és termékek szállításának megbízhatóságát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A projekt által előállított termékek vagy szolgáltatások iránti keresletet befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A projekt helyszín környezetében található meglévő eszközök és infrastruktúrák sérülékenységét és adaptációs képességét befolyásolja-e a projekt?
4. Hőségnapok számának növekedése (napi maximum > 30 °C)	magas	közepes	alacsony	közepes	alacsony	alacsony
5. Trópusi éjszakák számának növekedése (napi minimum > 20 °C)	közepes	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
6. Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet > 25 °C)	közepes	közepes	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
7. Átlagos napi hőingás növekedése (napi maximum és minimum különbsége, °C)	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
8. Éves csapadékmennyiség csökkenése	közepes	magas	közepes	alacsony	alacsony	közepes
9. Csapadékos napok számának csökkenése (napi csapadékösszeg > 1 mm, %)	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
10. Átlagos napi csapadékos napok növekedése (csapadékos napok átlagos csapadéka, mm/nap)	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
11. Max. száraz időszak hosszának növekedése (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg < 1 mm, nap)	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
12. Max. nedves időszak hosszának változása (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg > 1 mm, nap)	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
13. 20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg > 20 mm, nap)	közepes	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
14. Felszíni vizek átlaghőmérsékletének lassú növekedése	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
15. Csapadék évszakos eloszlásának változása	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
16. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	közepes	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
17. Felhőszakadást (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése	magas	közepes	közepes	magas	alacsony	alacsony
18. Villámárvíz előfordulási gyakoriságának és intenzitásának növekedése	közepes	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	alacsony
19. Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
20. Belvíz kialakulásának gyakoriságának növekedése	közepes	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	alacsony
21. Vízkészletek csökkenése (vízfolyások nyári kisvízi készletének)	közepes	magas	közepes	alacsony	alacsony	közepes

Éghajlati paraméter változása	A beruházás helyszínén található eszközöket és folyamatokat befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A termelési tényezők (munkaerő, víz, energia, nyersanyagok, félkész termékek és alkatrészek) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	Termékek (beleértve a saját előállítású vagy vásárolt közbeszolgáltatásokat) mennyiségét, minőségét és/vagy árát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	Közlekedési kapcsolatokat, a munkaerő, inputok és termékek szállításának megbízhatóságát befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A projekt által előállított termékek vagy szolgáltatások iránti keresletet befolyásolja-e az éghajlatváltozás?	A projekt helyszín környezetében található meglévő eszközök és infrastruktúrák sérülékenységét és adaptációs képességét befolyásolja-e a projekt?
csökkenése, tavak alacsony vízállású időszakainak gyakoribb válása, felszín alatti vízkészletek csökkenése)						
22. Aszály gyakoribb előfordulása	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
23. Tömegmozgás gyakoribb előfordulása	közepes	közepes	közepes	közepes	alacsony	alacsony
24. Erdőtüzek gyakoriságának növekedése	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
25. Szélerózió	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony

Releváns elemek:

4. Hőségnapok számának növekedése (napi maximum ≥ 30 °C)
5. Trópusi éjszakák számának növekedése (napi minimum ≥ 20 °C)
6. Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet > 25 °C)
8. Éves csapadékmennyiség csökkenése
16. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés
17. Felhőszakadási (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése
18. Villámárvíz előfordulási gyakoriságának és intenzitásának növekedése
20. Belvíz kialakulásának gyakoriságának növekedése
21. Vízkészletek csökkenése (vízfolyások nyári kisvízi készletének csökkenése, tavak alacsony vízállású időszakainak gyakoribb válása, felszín alatti vízkészletek csökkenése)
23. Tömegmozgás gyakoribb előfordulása

3.10.4 A projekthelyszín kitettségének értékelése

Miután a projekt érzékenysége meghatározásra került, a következő lépés annak eldöntése, hogy a projekt megvalósításának helyszíne ki van-e téve és milyen mértékben az éghajlatváltozásnak. Az előzőekben végzett elemzés azt tükrözi, hogy egy adott projekt típus különböző éghajlati veszélyekre és kockázatokra mennyire érzékeny általában, a jelen vizsgálat pedig azt határozza meg, hogy az adott beruházási helyszín mennyire van kitéve egyes éghajlati veszélyeknek és kockázatoknak.

A projekthelyszín kitettségét a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (a továbbiakban: NATÉR) adatai alapján határoztuk meg a relevánsnak ítélt éghajlati paraméterek vonatkozásában. A kitettség meghatározásakor regionális, valamint globális klímamodelleket, az ALADIN-Climate, a RegCM, az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5, az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5, az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5, valamint az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 modellek adatait vettük figyelembe és a kedvezőtlenebb előrejelzést vettük alapul.

A klíma modellezése a teljes éghajlati rendszer viselkedésének leírásán alapul, amely azonban a benne közreműködő fizikai folyamatok kaotikus jellege következtében csak közelítő módon tehető meg. A modellezés bizonytalansága ezekre a közelítő módszerekre, valamint arra a tényre vezethető vissza, hogy nincs pontos ismeretünk arról, milyen hatással lesz a jövőben az emberi tevékenység az éghajlat alakulására. Utóbbi figyelembevételére különféle kibocsátási forgatókönyvek készülnek, melyek a társadalom, a gazdaság és a technológia területén várható változások becslésében különböznek. A klíma szimulációk elvégzése klímamodellek segítségével történik, melyek különféle matematikai számítási módszerek és parametrizációs sémák alkalmazásával kísérik meg az éghajlat alakításában részt vevő folyamatok leírását. Minél többféle modellre és forgatókönyvre alapozva végezzük el a jövőbeli klíma megismerésére célzott vizsgálatainkat, annál pontosabban tudjuk figyelembe venni az egyes szimulációkból adódó eredményekhez tartozó bizonytalanságot.

Az ALADIN-Climate klímamodell az ARPEGE-Climat globális általános cirkulációs modell és az ALADIN időjárás előrejelző modell alapján a francia meteorológiai szolgálatnál nemzetközi együttműködés keretében kifejlesztett modell. A RegCM (Regional Climate Model) regionális skálájú hidrosztatikus éghajlati modellt eredetileg az amerikai Légköri Kutatások Nemzeti Központjában fejlesztették ki, melyet az ELTE Meteorológiai Tanszékén végzett magyarországi adaptálását követően használhatunk a hazai előrejelzésekhez is. A modellt regionális klímakutatásokhoz és évszakos előrejelzésekhez használják világszerte.

Az IPCC Negyedik Helyzetértékelő Jelentése (2007) szerint a sugárzási kényszer annak a hatásnak a mértéke, amivel egy hatótényező megváltoztatja a Föld-légkör rendszer bejövő és kimenő energiájának egyensúlyát. A sugárzási kényszer értékeit az iparosodás előtti, 1750-es állapotokhoz viszonyítják, és W/m^2 egységben adják meg. Az RCP forgatókönyvek két globális klímamodell, (az CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 és az ICHEC-EC-EARTH) alapján készültek, és figyelembe veszik a kibocsátás-csökkentési (mitigációs) törekvéseket.

Részletesen megadják az aeroszol részecskék és az üvegházhatású gázok koncentrációjának lehetséges jövőbeli értékeit. A Szenárió-család négy reprezentatív (RCP2.6, RCP4.5, RCP6 és RCP8.5) tagját aszerint nevezték el, hogy az általuk leírt koncentrációnövekedés 2100-ra mekkora sugárzási kényszer változást (rendre 2,6, 4,5, 6 és 8,5 W/m^2 -t) jelent. Elemzésünk során az RCP4.5 és RCP8.5 Szenáriókat vesszük figyelembe, melyek Közép- és Kelet-Európát lefedő 10 km-es felbontású szimulációk.

Az RCP4.5-ös Szenárió egy 2065. évi tetőpontra teszi a primerenergia felhasználás és a népesség maximumát, ezután csökkenést vetít előre. A fosszilis energiahordozók szerepe továbbra is nagymértékű, további CO_2 emelkedést eredményezve. 2080-ra a szén árak növekedéséből kifolyólag stabilizálódik a kibocsátás, így az évszázad végére 4,5 W/m^2 sugárzási kényszer várható. Az RCP8.5 forgatókönyv a legpesszimistább, az évszázad végére 8,5 W/m^2 -es sugárzási kényszert jelez előre. Nem szerepel benne az éghajlatváltozás mérséklésének faktora. Az üvegházhatású gázok koncentrációjának nagymértékű növekedését, folyamatosan növekedő globális népességet vetít előre, amelynek következménye a megnövekedett energiaigény és a fosszilis energiahordozók még nagyobb szerepe, ami az üvegházhatású gázok még nagyobb kibocsátásához vezet.

A vizsgált területen várható éghajlatváltozás jellemzésére az alábbi változók kerülnek bemutatásra.

Hőmérséklet:

1. Várható átlaghőmérséklet változás Magyarországon a 2021–2050 időszakra ($^{\circ}C$)
2. Hőhullámos napok gyakoriságának változása megyei szinten a 2021–2050 időszakra (%/év)
3. A forró napok számának várható változása a 2021–2050 időszakra (napok száma)

4. Hirtelen hőmérsékleteséssel (10°C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása a 2021–2050 időszakra (napok száma)

Csapadék és aszály:

5. Az évszakos csapadékintenzitás várható változása Magyarországon a 2021-2050 időszakra (mm/nap)
6. 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékos napok számának növekedése a 2021–2050 időszakra (napok száma)
7. Az éves csapadékmennyiség várható változása Magyarországon a 2021-2050 időszakra (mm)
8. Az évszakos csapadék várható változása Magyarországon a 2021-2050 időszakra (mm)
9. A módosított Pálfai-féle aszályindex várható változása a 2021–2050 időszakra

Időjárási szélsőségek:

10. A tavaszi fagyos napok számának várható változása a 2021–2050 időszakra (napok száma)
11. A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága a 2021-2050 időszakra
12. Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h -t meghaladó széllelőkések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása a 2021-2050 időszakra (napok száma)

Párolgás:

13. A potenciális evapotranszpiráció várható változása a 2021–2050 időszakra (mm)
14. A klimatikus vízmérleg várható változása a 2021–2050 időszakra (mm)

Belvízgyakoriság alakulása

15. Belvízérzékenység

Árvíz és villámárvizek gyakorisága

16. Villámárvíz gyakoriságának és intenzitásának vizsgálata
17. Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának vizsgálata

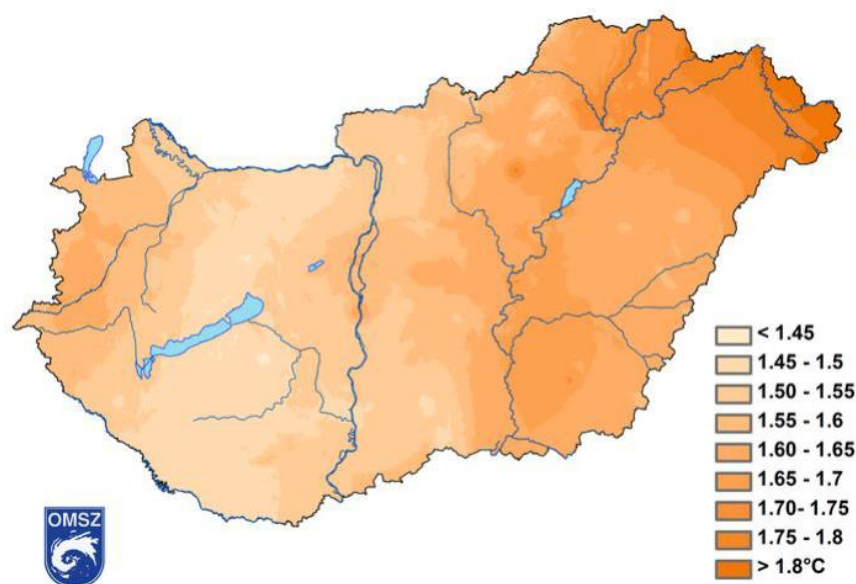
Globálsugárzás:

18. A globálsugárzás várható változása Magyarországon a 2021–2050 időszakra (MJ/m^2)

3.10.4.1 Hőmérséklet

A Magyarországra vonatkozó múltbeli megfigyelések és a jövőre vonatkozóan rendelkezésre álló regionális klímamodellek eredményei egyaránt a hőmérséklet emelkedését mutatják. Ez a XXI. századra minden évszak és minden modell esetében statisztikailag szignifikáns, azaz a változások nagysága meghaladja a természetes változékonyságot. A növekedés abban a tekintetben folyamatos, hogy a vizsgált 2071-2100 időszakban ez nagyobb mértékű (átlagosan $3,5$ fok), mint a korábbi 2021-2050 időszakban (amikor $1,7$ fok az átlagos változás).

Magyarországon a nyolcvanas évek elejétől intenzív melegedés kezdődött, az éves középhőmérséklet – a globális tendenciákkal összhangban – növekszik. Az OMSZ adatai alapján a térségben 1981 és 2016 között az évi középhőmérséklet $1,50$ - $1,55$ $^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedett (30. ábra).



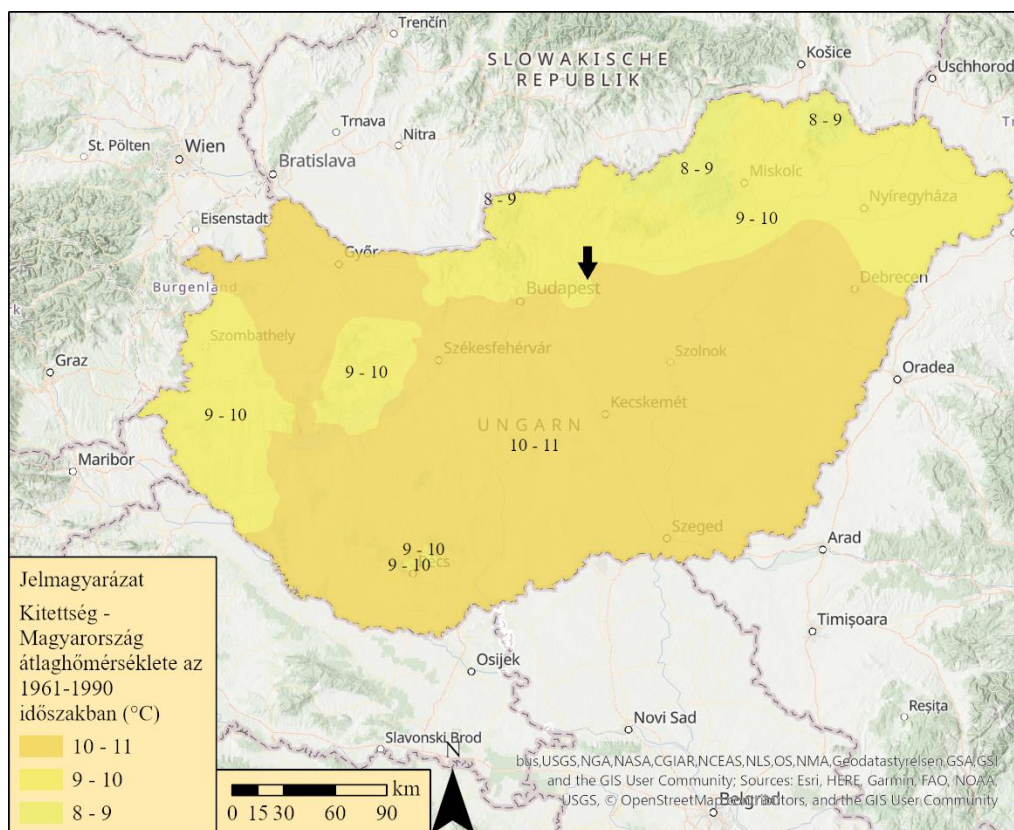
30. ábra: Az éves középhőmérsékletek változásának területi eloszlása az 1981-2016 időszakban

Az emelkedés mértéke figyelembe véve az érvényben lévő klímacsökkentési egyezményben megfogalmazottakat („az iparosodás óta mért globális átlaghőmérséklet jelenleg 0,86 Celsius-fokkal tér el a korábbiaktól”) jelentősnek ítéltető.

A XXI. században folytatódik az átlaghőmérséklet emelkedése a Kárpát-medencében, mégpedig minden évszak, időszak és modell esetében statisztikailag szignifikáns módon (azaz az évek közötti változékonyság nem haladja meg a változás mértékét). A növekedés abban a tekintetben folyamatos, hogy a vizsgált 2071-2100 időszakban ez nagyobb mértékű (átlagosan 3,5 fok), mint a korábbi 2021-2050 időszakban (amikor 1,7 fok az átlagos változás).

3.10.4.1.1 Éghajlati paraméter: Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése

Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése Magyarország teljes területén várható, fokozottan az Alföldön és a Dunántúli-dombságban, valamint a nagyvárosokban. A beruházás helyén az átlaghőmérséklet alakulása az 1961-1990 időszakban 9-10°C volt. Az ábrán látható érték a CARPATCLIM-HU adatbázis napi középhőmérsékleti adatainak a teljes időszakra vett átlagolásával álltak elő. Az ALADIN-Climate klímamodell és a RegCM klímamodell a várható átlaghőmérséklet változást a projekt helyszínén 2021-2050 időszakában a 1961-1990 referencia időszakhoz képest vizsgálja, az értékek a két időszak átlaghőmérsékleteinek különbségei.



31. ábra: Kitejttség – Magyarország átlaghőmérséklete az 1961-1990 időszakban (°C)

Magyarország átlaghőmérsékletét ábrázoló térkép szerint az 1971-2000 időszakban a térségben 10-11°C volt az átlaghőmérséklet. Az RCA4/CNRM-CM5 és RCA4/EC-EARTH klímamodellek az 1971-2000 referencia-időszakhoz viszonyítanak.

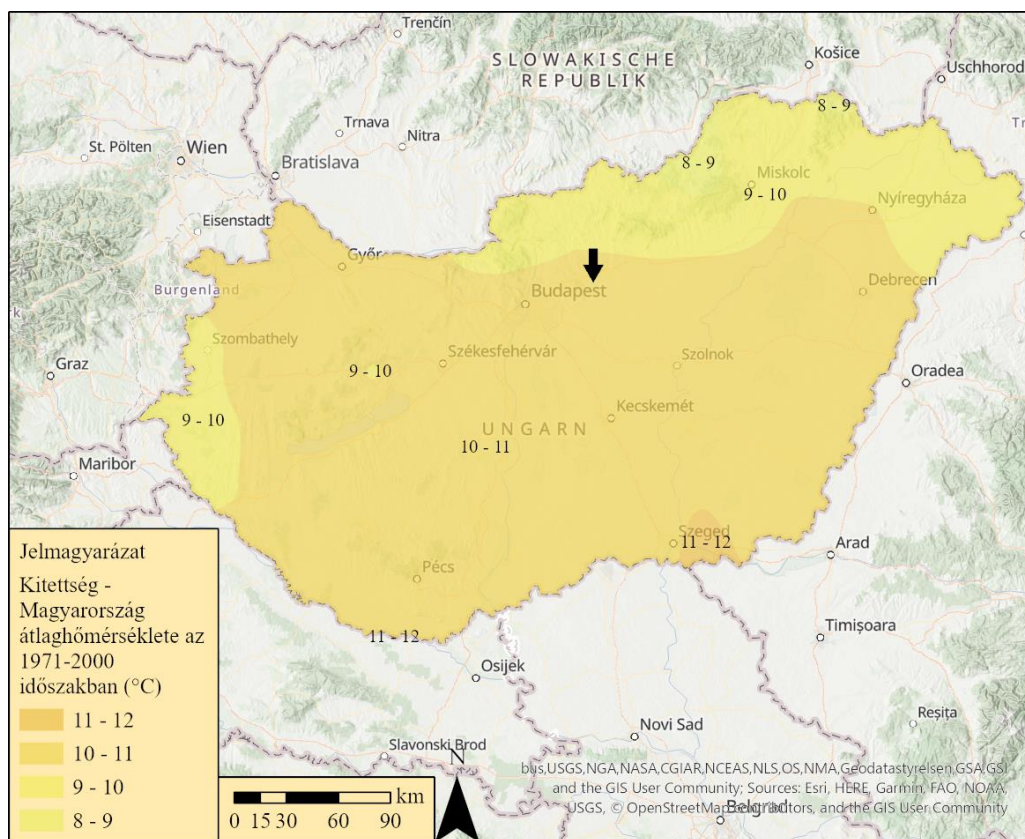
A beruházás területének átlaghőmérsékletében bekövetkező várható változás területi eloszlását vizsgálja a 2021-2050 időszakra az RCA4 regionális modell, CNRM-CM5 és EC-EARTH globális modell adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján, az RCP 4.5 és az RCP 8.5 forgatókönyvre alapozva, az 1971-2000 referencia időszakhoz képest. Az értékek a két időszak átlaghőmérsékleteinek különbségei. A modellek eredményeit a következő táblázat tartalmazza.

31. táblázat: Várható átlaghőmérséklet változás a 2021–2050 időszakra (°C) a projekthelyszínen

	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
Várható átlaghőmérséklet változás a 2021-2050 időszakra (napok száma) (°C)	1,5-2,0	1,0-1,5	0,5-1,0	0,5-1,0	1-1,5	1,5-2,0

A modellek különböző adatokat jósolnak, de a tendencia az összes klímamodell esetében megegyező: a várható átlaghőmérséklet változás a projekt területén emelkedni fog.

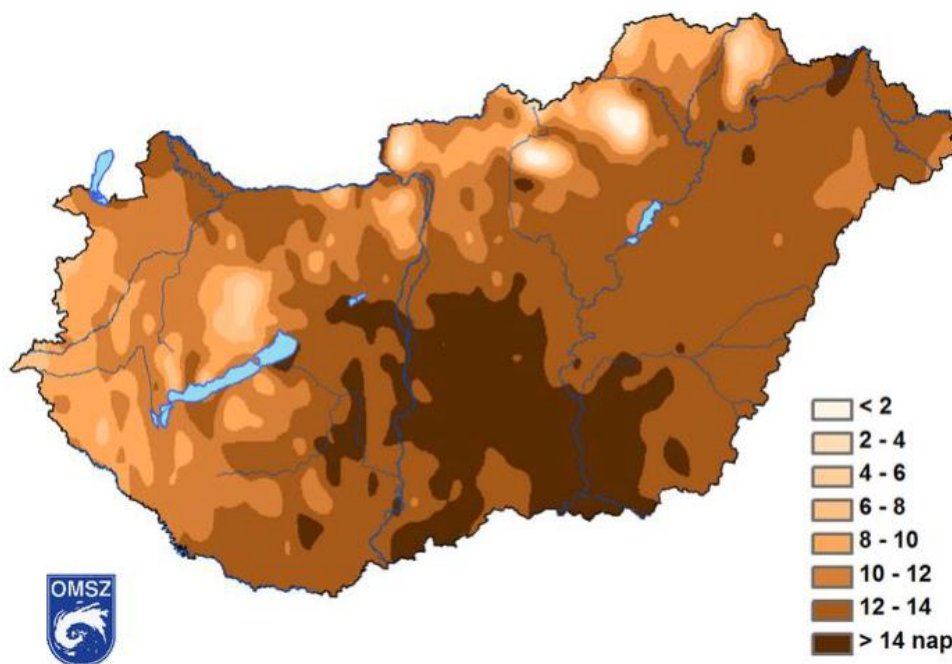
A kitejttség minősítése: KÖZEPES



32. ábra: Kitejttség – Magyarország átlaghőmérséklete az 1971-2000 időszakban (°C)

3.10.4.1.2 Éghajlati paraméter: Hőhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése

Hőhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése tekintetében Magyarország teljes területe érintett, fokozottan az Alföld és a nagyvárosok, kisebb mértékben, de fokozottan a Kisalföld.

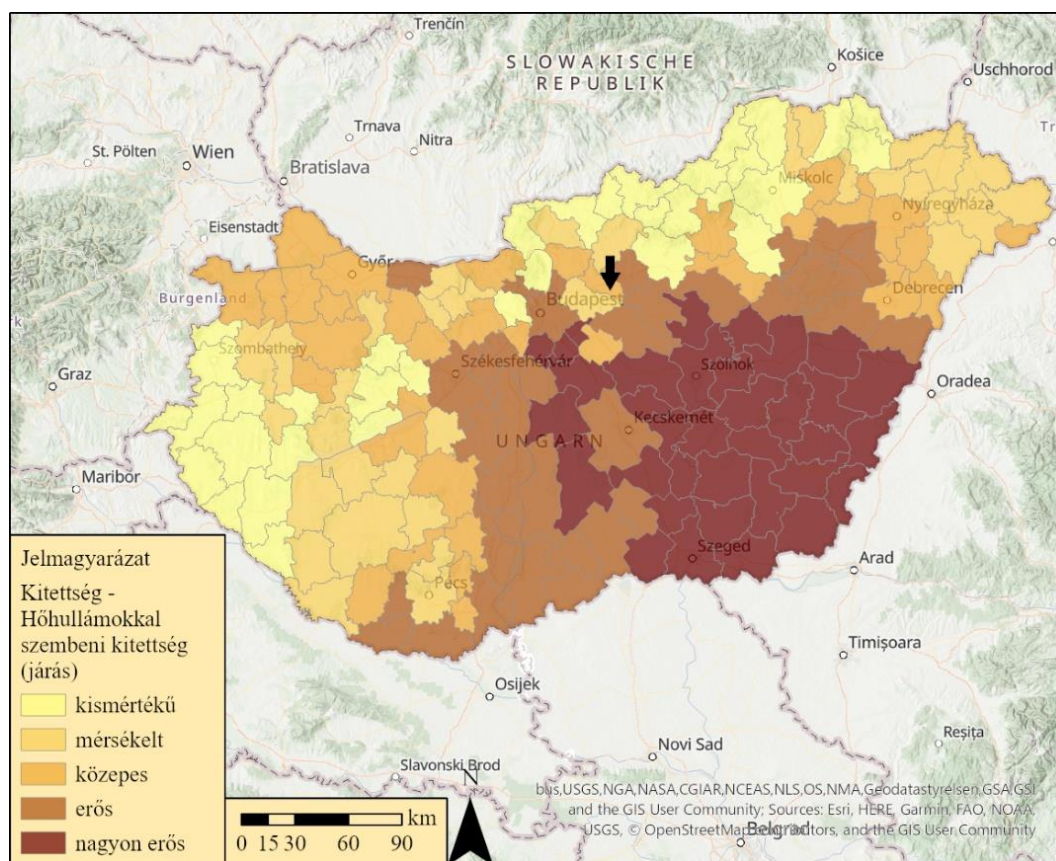


33. ábra: Hőhullámos napok száma (napi középhőmérséklet > 25°C) az 1981-2016-os időszakban, rácsponi trendbecslés alapján

Hőhullám az északi félgömb mérsékelt éghajlatú területein az anticiklonokhoz kapcsolódó, forró időjárási helyzet, amikor a nappali hőmérséklet tartósan 30°C, az éjszakai 25°C felett marad, és ez magas páratartalommal párosul.

Az 1981-2016-os időszakban a hőhullámos napok száma a térségben 10-12 nap volt.

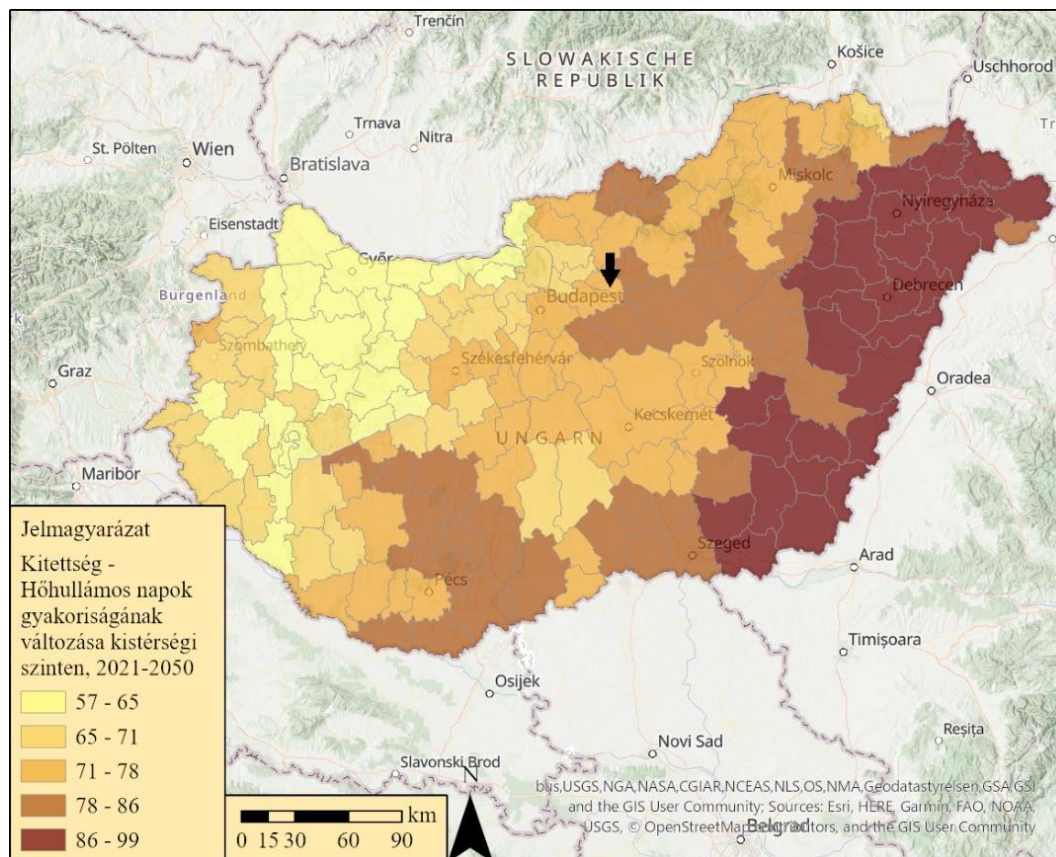
Az alábbi térkép a beruházási területet magába foglaló Aszódi járásra vonatkozó, a CARPATCLIM-HU klímamoddellel szerzett hosszú idősoros (1970-2010 közötti) meteorológiai adatok (napi középhőmérséklet) alapján az éghajlatváltozás hőhullámokkal összefüggő hatásait jeleníti meg. Mérése: a legalább 25 °C napi átlaghőmérsékletű napok száma 1971-2010 között a nyári (május 1. – szeptember 30.) időszakokban a járásokban. A térkép alapján látható, hogy a tervezett beruházás helyszíne hőhullámokkal szembeni kitettség alapján közepes kitettségű.



34. ábra: Kitettség – Hőhullámokkal szembeni kitettség járási szinten, 2021-2050

A 35. ábra a hőhullámos napok gyakoriságának várható változását mutatja 2021–2050 között kistérségi bontásban. Erős kelet–nyugati gradiens látszik: a legnagyobb növekedés az Alföldön és Északkelet-Magyarországon várható (sötétbarna területek), míg a legalacsonyabb növekedés a Nyugat-Dunántúlon és az Alpoknál jelenik meg (világos sárga). A középső országrész – Pest megye és tágabb környezete – többnyire közepes–magas kitettségű. A tervezési területen a hőhullámos napok gyakoriság változása 76,16%/év.

A kitettség minősítése: MAGAS



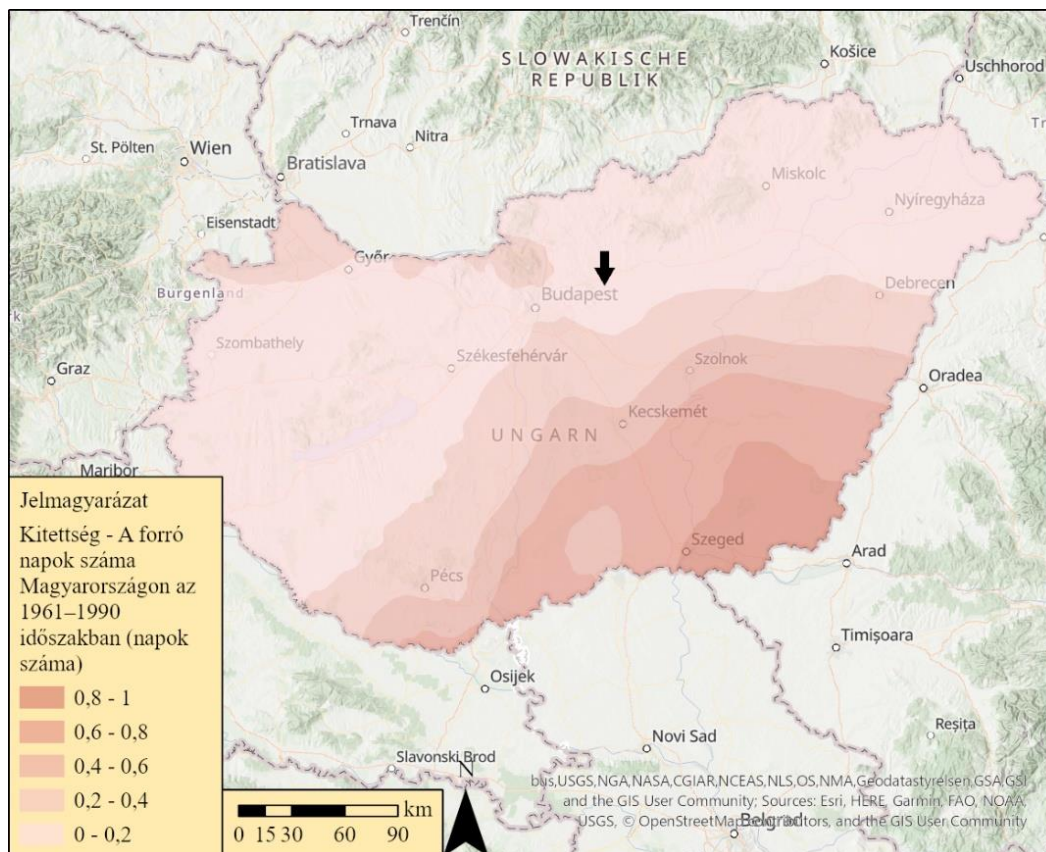
35. ábra: Kitettség – Hőhullámos napok gyakoriságának változása kistérségi szinten, 2021-2050

3.10.4.1.3 Éghajlati paraméter: A forró napok számának növekedése

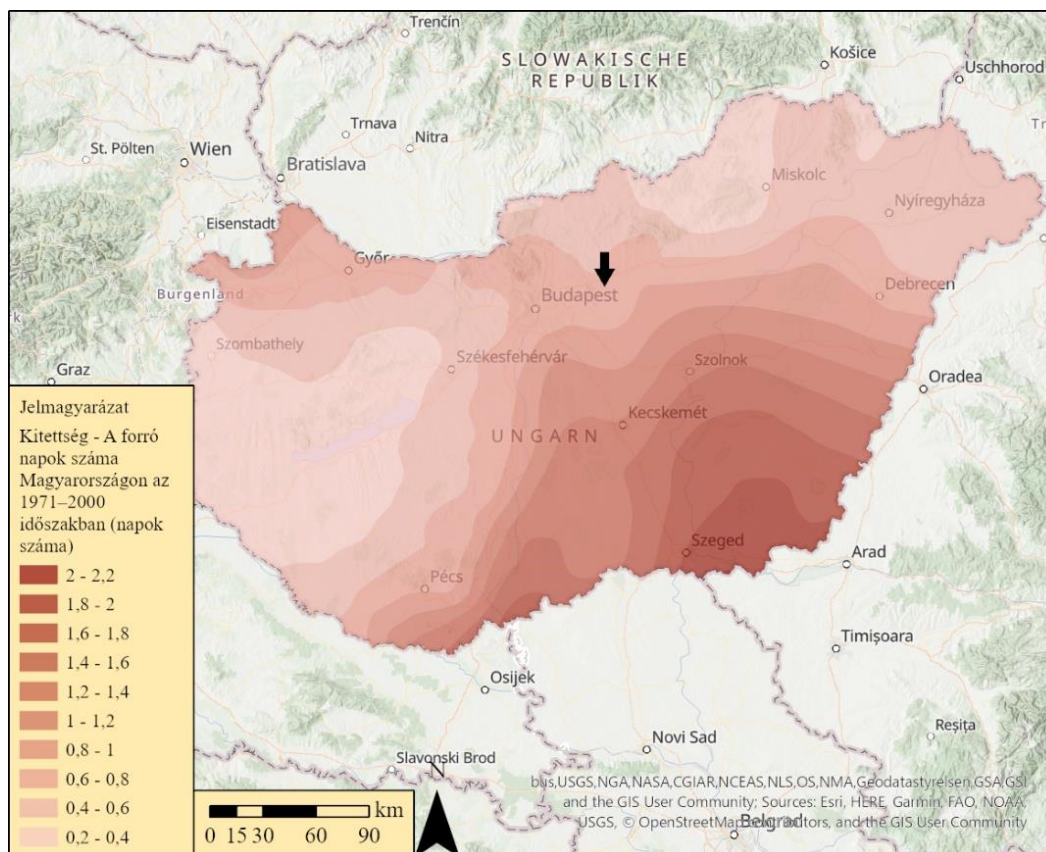
A következő térképek a forró napok átlagos évi számának területi eloszlását ábrázolják a beruházás területére, 36. ábra az 1961-1990 időszakra, míg a 37. ábra az 1971-2000 időszakra. Forró napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi maximum hőmérséklet eléri, vagy meghaladja a 35°C-t. A megjelenített értékek a forró napok évi számainak a teljes időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak. A térképek alapján a térségben a forró napok száma évente 0,0-0,2 nap volt az 1961-1990 időszakban, míg az 1971-2000 időszakban 0,2-0,4 nap.

A forró napok átlagos évi számában bekövetkező várható változást Magyarországon a 2021–2050 időszakra az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodell projekciója alapján, az 1961–1990 referencia időszakhoz képest vizsgálja (36. ábra). Az értékek a két időszakra jellemző átlagos évi számok különbségei.

A forró napok átlagos évi számában bekövetkező várható változást vizsgálja a beruházás területén a 2021–2050 időszakra az RCA4 regionális modell, a CNRM-CM5 és az EC-EARTH globális modell adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján, az RCP4.5 és az RCP 8.5 forgatókönyvre alapozva, az 1971–2000 referencia időszakhoz képest (37. ábra).



36. ábra: Kitettség – A forró napok száma a beruházás területén az 1961-1990 időszakban (napok száma)



37. ábra: Kitettség – A forró napok száma a beruházás területén az 1971-2000 időszakban (napok száma)

32. táblázat: Forró napok számának várható változása a 2021–2050 időszakra (napok száma) a projekt helyszínén

	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
A forró napok számának várható változása a 2021–2050 időszakra (napok száma)	5-10	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5

A klímamodellek a fent ismertetett előrejelzések alapján megközelítőleg egységesen jósnak a forró napok számának változása tekintetében a 2021–2050 időszakra.

A változás jelentősnek ítéltető, legfőképp az ALADIN-Climate klímamodell alapján.

A kitettség minősítése: MAGAS

3.10.4.1.4 Éghajlati paraméter: Hirtelen hőmérsékleteséssel (10 °C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása

A mutató a hirtelen hőmérsékleteséssel (10 °C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változását jeleníti meg települési szinten a modellezett 2021–2050 és a és az 1971–2000 referenciaidőszak viszonylatában, a vizsgált klímamodellek alapján. A mutató alkalmas az utak éghajlatváltozásnak való kitettségét jellemezni.

Az adatok két globális modellel (CNRM-CM5; EC-EARTH) meghajtott RCA4 regionális klímamodell adatai alapján a közepesen optimista, RCP4.5-ös és a pesszimista, RCP8.5-ös forgatókönyvre alapozva készültek.

33. táblázat: Hirtelen hőmérsékleteséssel (10 °C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása a 2021–2050 időszakra (napok száma) a projekt helyszínén

	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
Hirtelen hőmérsékleteséssel (10 °C 3 óra alatt) érintett napok éves átlagos számának változása a 2021–2050 időszakra (napok száma)	0,285	-0,128	-0,482	0,226

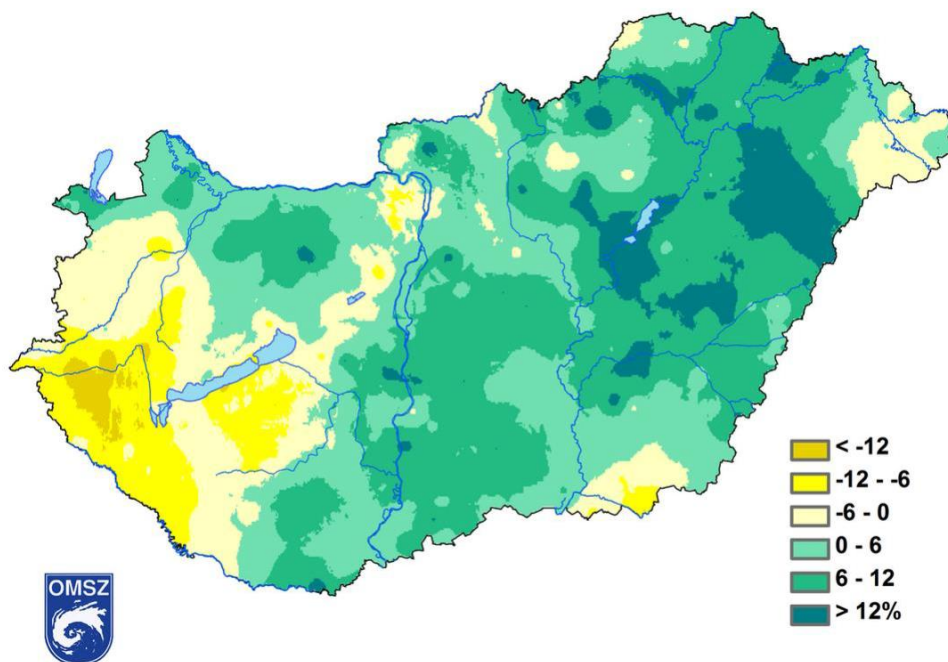
A vizsgált klímamodellek nem jósnak egységes változást a hirtelen hőmérsékleteséssel érintett napok éves átlagos számának változására. Míg az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell kis mértékű növekedést jósol, a többi vizsgált klímamodell kis mértékű csökkenést jeleznek elő, mely pozitívan hat a tervezett infrastruktúrára, tervezett épületállományra.

A kitettség minősítése: ALACSONY

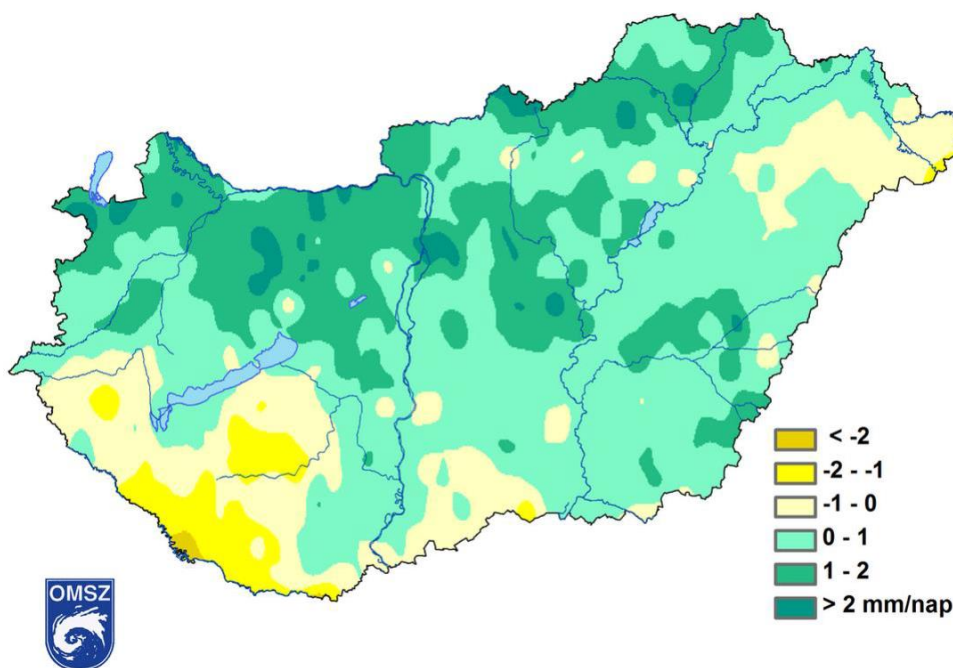
3.10.4.2 Csapadék és aszály

A csapadék térben és időben nagyon változékony, így a – az éghajlatváltozás hatására bekövetkező – tendenciákat nehezebb kimutatni, mint a hőmérséklet esetén. Míg az évi középhőmérséklet az elmúlt 36 évben szignifikáns növekedést mutat, addig a csapadék változása még egy hosszabb, több mint 50 évet felölelő időszakban sem mutatható ki egyértelműen. A térbeli eltéréseket trendként szemlélítették. Az elmúlt 56 évben, 1961 és 2016 között bekövetkezett változásokat bemutató térkép az exponenciális trendillesztésből adódó 56 év alatti %-os változást jelzi. A nyugati országrészben, valamint a Dunántúl középső részén csökkenés jellemző az elmúlt fél évszázadban. A Duna-Tisza-köze, valamint a Tiszántúl legnagyobb részén növekedés látható.

Az OMSZ adatai alapján a térségben 1961 és 2016 között az átlagos csapadékösszegek 0-6%-kal növekedtek.



38. ábra: Az éves csapadékösszeg %-os változása 1961 és 2016 között



39. ábra: A nyári átlagos napi csapadékkintenzitás (átlagos csapadékoság) változása az 1961–2016 időszakban

A 20 mm-t meghaladó csapadéku napok enyhe növekedést mutatnak, s a száraz időszakok hossza (vagyis a leghosszabb időszak, amikor a napi csapadék nem éri el az 1 mm-t), pedig jelentősen megnövekedett a 20. század eleje óta. A napi intenzitás (egy adott periódusban lehullott összeg és a csapadékos napok számának hányadosa) nyáron jelentősen megnövekedett. Az átlagos napi csapadékok növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok formájában hullik.

A nyári csapadékinintenzitás-változás a térségben 1961-2016 között 1-2 mm/nap érték között volt. A nyári napi intenzitás országos átlagban növekedett, ezt a növekedést a délnyugat-dunántúli, és kisebb kiterjedésben az északkelet-magyarországi területek csapadékinintenzitásának csökkenése mérsékli.

A 2021-2050 időszakban az éves csapadékösszeg változatlanágában és a nyári csapadékátlag 0-6%-ot elérő növekedésében jobbra egységesek a projekciók.

A csapadék a hőmérséklethez képest nehezebben modellezhető meteorológiai elem, ebből adódóan jövőbeli megváltozása gyakran nagy bizonytalansággal terhelt – a különböző modellek eredményei nemcsak a változás mértékében, de annak előjelében sem mindig mutatnak egyezést.

3.10.4.2.1 Éghajlati paraméter: Csapadék intenzitásának növekedése

A szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedésével fokozottan kell számítani majd arra, hogy a hirtelen, nagy csapadékhozamú esőzések gyakrabban fordulnak elő, továbbá az intenzitásuk is növekszik. Kített terület: Magyarország teljes területe, fokozottan az Északi-középhegység, valamint a Dunántúli-középhegység és a Dunántúli-dombság területei.

A következő adatok az átlagos, évszakonkénti csapadékinintenzitás területi eloszlását mutatják be. A csapadékinintenzitás a csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosaként áll elő. Csapadékos napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi csapadékösszeg eléri, vagy meghaladja az 1 mm-t. Az értékek az egyes évek évszagos csapadékinintenzitásainak a teljes vizsgált időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak.

Az évszakonkénti csapadékinintenzitás várható változásának területi eloszlásának ábrázolásánál az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodell az 1961-1990 referencia időszakhoz képest mutatja a változást. Az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell az RCA4 regionális modellt, a CNRM-CM5 globális modellt adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján, az RCP 4.5 forgatókönyvre alapozva, az 1971-2000 referencia időszakhoz képest mutatja a változást, hasonlóan az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodellhez, ami az RCP 8.5 forgatókönyvet veszi alapul. Az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5, valamint az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell az RCA4 regionális modellt, EC-EARTH globális modellt adatokkal meghajtott szimulációk adatai alapján prognosztizál – az előbbi az RCP 4.5 forgatókönyvre, míg az utóbbi az RCP 8.5 forgatókönyvre alapoz. Mindkét modellt az 1971-2000 referencia időszakhoz viszonyít.

A vizsgált klímamodellek alapján a csapadékinintenzitás várható évszagos változására a következő adatok állnak elő.

34. táblázat: Az évszakonkénti csapadékinintenzitás (mm/nap) várható változása 2021-2050 között a projektbelsőzónán 1.

Évszak	Referencia érték (1961-1990)	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell
tél	4,5-5,0	0-1	-1-0
tavas	5,0-5,5	0-1	0-1
nyár	6,0-6,5	-1-0	0-1
ősz	6,0-6,5	0-1	0-1

35. táblázat: Az évszakonkénti csapadékinintenzitás (mm/nap) várható változása 2021-2050 között a projektbelsőzónán 2.

Évszak	Referencia érték (1971-2000)	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
tél	5,0-5,5	0-1	0-1	0-1	0-1
tavas	5,0-5,5	0-1	-1-0	0-1	0-1

Évszak	Referencia érték (1971-2000)	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
nyár	6,5-7,0	-1-0	0-1	0-1	0-1
ősz	6,0-6,5	-1-0	0-1	0-1	-1-0

A téli időszakra nézve a RegCM klímamodell kivételével az összes klímamodell a csapadékkintenzitás növekedését (0-1 mm/nap) jósolja a 2021-2050 időszakra. A legoptimistább klímamodell az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell, melyek egész évben a csapadékkintenzitás növekedését jelzik elő. Az ALADIN-Climate klímamodell a nyári időszakban, míg az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell a nyári és őszi időszakban jósol csökkenést a csapadék intenzitásában.

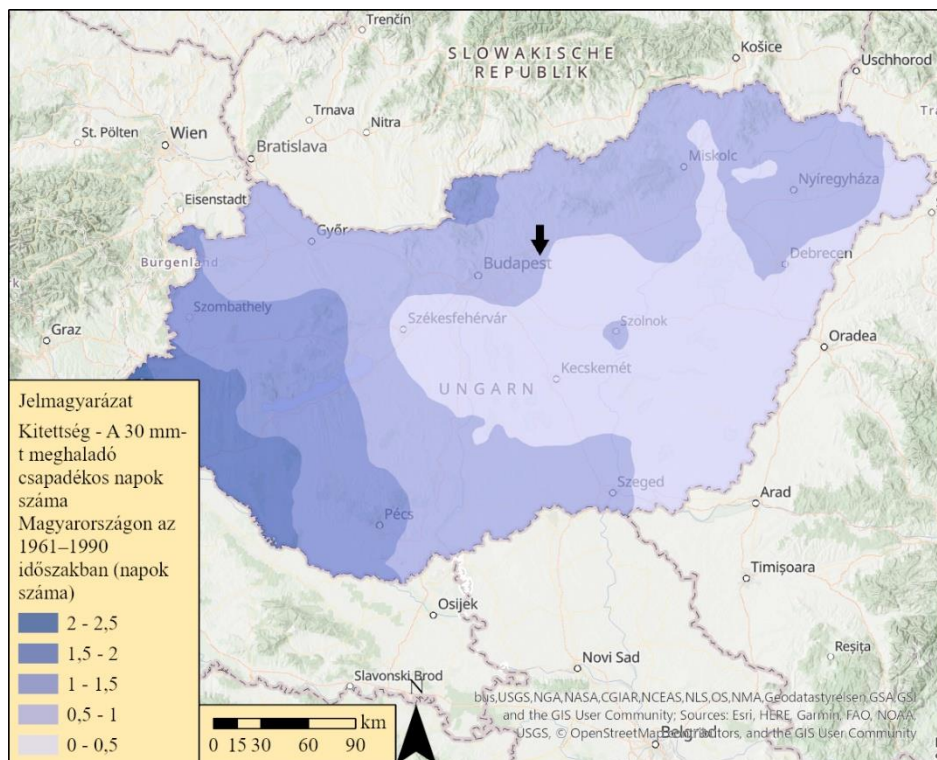
A kitettség minősítése: KÖZEPES

3.10.4.2.2 Éghajlati paraméter: 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékos napok számának növekedése

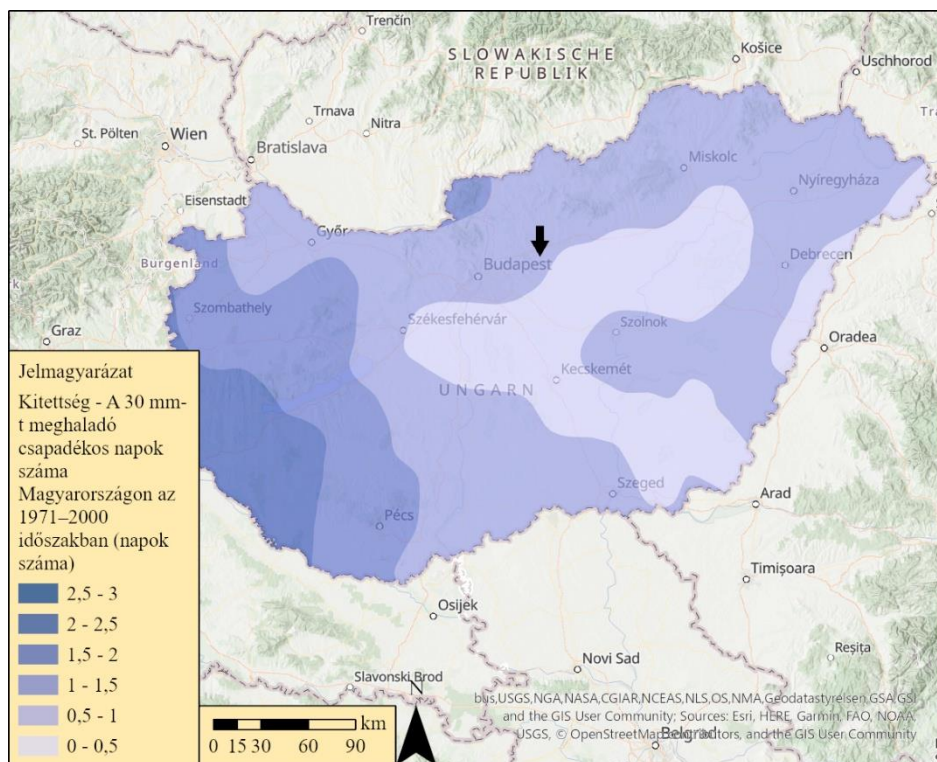
A következőkben bemutatjuk azt a mutató – az épületállomány-sérülékenységgel kapcsolatos vizsgálatok szempontjából jelentős változót –, mely a 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékkal érintett napok éves átlagos számának változását jeleníti meg települési szinten a modellezett 2021-2050 és az 1971-2000 referenciaidőszak viszonylatában, a vizsgált klímamodell alapján.

Az adatok két globális modellel (CNRM-CM5; EC-EARTH) meghajtott RCA4 regionális klímamodell adatai alapján a közepesen optimista, RCP4.5-ös és a pesszimista, RCP8.5-ös forgatókönyvre alapozva készültek.

A következő két ábra referenciaértékként azon napok átlagos évi számának területi eloszlását ábrázolja az 1961-1990 és az 1971-2000 időszakban, amikor 0°C-nál magasabb átlaghőmérséklet mellett a napi csapadékösszeg meghaladta a 30 mm-t. A megjelenített értékek a 30 mm-t meghaladó csapadékos napok évi számainak a teljes időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak.



40. ábra: Kitettség – A 30 mm-t meghaladó csapadékos napok száma Magyarországon az 1961-1990 időszak



41. ábra: Kitettség – A 30 mm-t meghaladó csapadékos napok száma Magyarországon az 1971-2000 időszakban

36. táblázat: A 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékkal érintett napok éves átlagos számának változása 2021-2050 időszakra a vizsgált klímamodellek alapján (napok száma)

	ALADIN- Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP8.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP8.5 klímamodell
A 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékkal érintett napok éves átlagos számának változása 2021-2050 időszakra (napok száma)	0-0,5	0-0,5	-0,5-0	0-0,5	0-0,5	0-0,5

A fenti adatokból látható, hogy az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell kivételével az összes klímamodell a tárgyi területre vonatkozóan a 30 mm-t meghaladó csapadékos napok számának növekedését jósolja meg. Az intenzív záporból, zivatarból rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadékhullás gyakoribbá, az intenzitása pedig a tapasztalatok szerint folyamatosan erősebbé válik Magyarországon, így a térségben is.

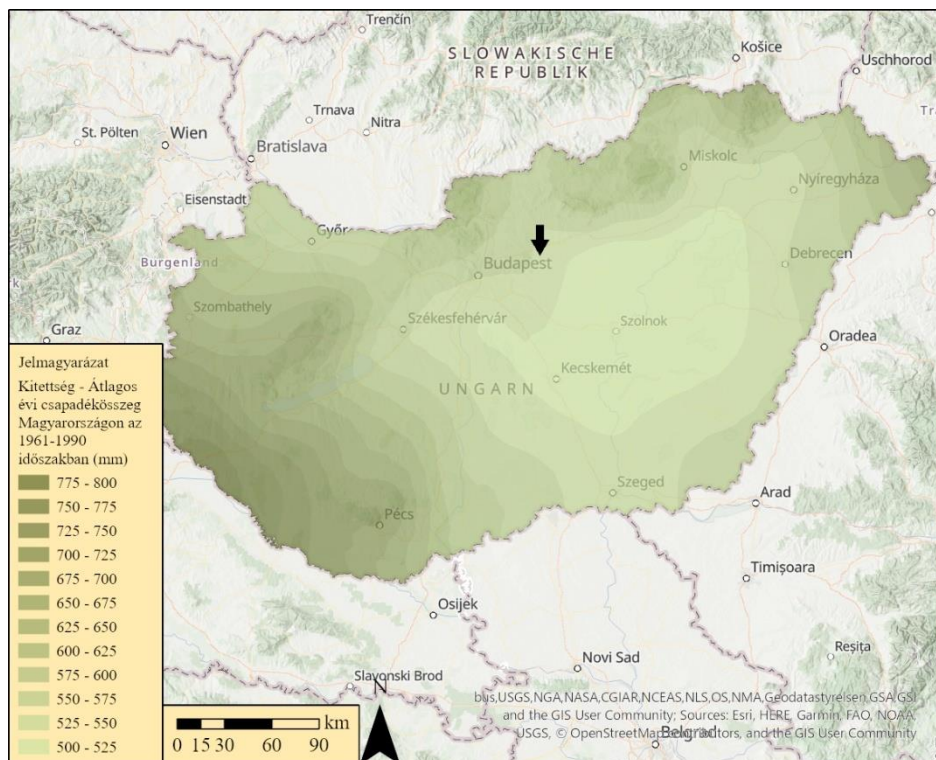
A kitettség minősítése: KÖZEPES

3.10.4.2.3 Éghajlati paraméter: Éves csapadékmennyiség csökkenése

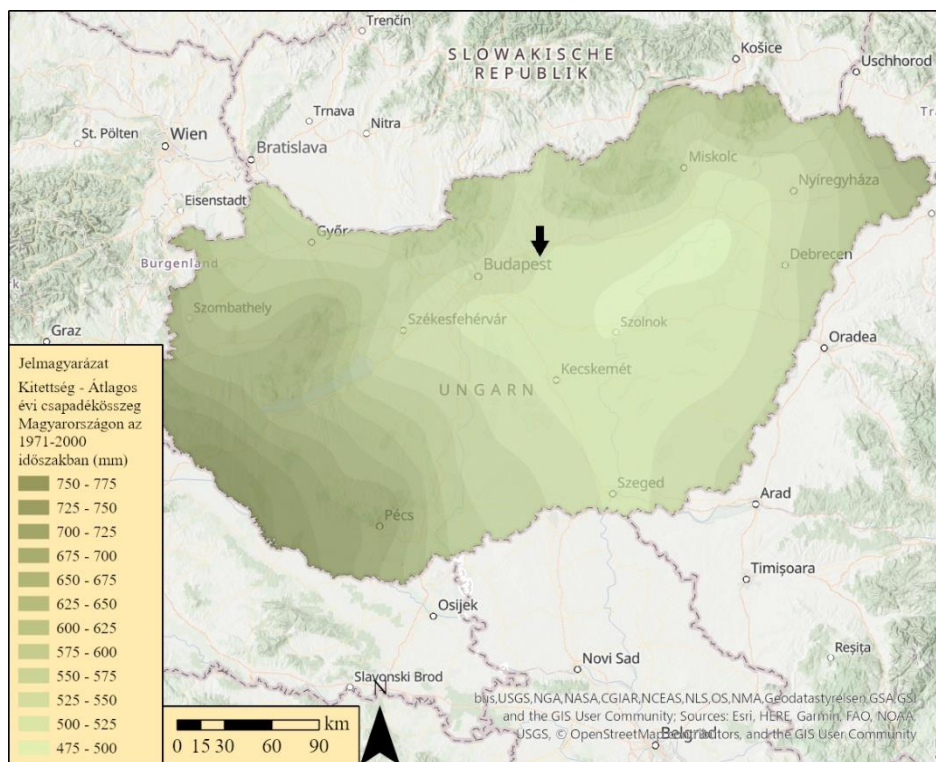
Érintett: Magyarország teljes területe, fokozottan az Alföld

Magyarországon a csapadék térben és időben egyaránt változékony éghajlati paraméter. Ebből kifolyólag a csapadék jövőbeli megváltozása nagy bizonytalansággal terhelt, mert a modellek eredményei nemcsak a változás mértékében, de gyakran annak előjelében is eltérnek, ráadásul a változások csak néhány esetben bizonyulnak statisztikailag szignifikánsnak.

A következő térkép a beruházás környezetének átlagos évi csapadékának területi eloszlását ábrázolja az 1961-1990 és az 1971-2000 időszakra. A megjelenített értékek a CARPATCLIM-HU adatbázis alapján származtatott évi csapadékösszegek teljes időszakra vett átlagolásával álltak elő.



42. ábra: Kitettség – Átlagos évi csapadékösszeg a beruházás területén az 1961-1990 időszakban (mm)



43. ábra: Kitettség – Átlagos évi csapadékösszeg a beruházás területén az 1971-2000 időszakban (mm)

Az átlagos évi csapadékösszeg a beruházás környezetében az 1961-1990 időszakban és az 1971-2000 időszakra vonatkozóan is 550-575 mm-re adódott.

Az éves csapadékmennyiség várható változását a beruházás területére vonatkozóan megvizsgáltuk a már fentebb bemutatott klímamodellek segítségével. Az alábbi táblázat az átlagos évi csapadékösszeg várható változását mutatja

be a 2021–2050 időszakra a klímamodellek projekciója alapján, az ALADIN-Climate és RegCM klímamodellek esetében az 1961–1990 referencia időszakhoz képest, míg az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyvek esetében az 1971–2000 referencia időszakhoz képest. A megjelenített értékek a két időszak átlagos évi csapadékösszegeinek különbségei.

37. táblázat: Kitettség – A csapadék várható változása a beruházás területén az 2021-2050 időszakra (mm)

	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP8.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP8.5 klímamodell
A csapadék várható változása a 2021-2050 időszakban (mm)	-25-0	-50--25	-50--25	25-50	25-50	25-50

A klímamodellek az éves csapadékmennyiség csökkenésére vonatkozóan eltérő adatokat prognosztizálnak. Az ALADIN-Climate, RegCM és RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell szerint a csapadékmennyiség csökkenni fog az 2021-2050 időszakban a projekt helyszínén az 1961-1990, illetve 1971-2000 referencia időszakhoz képest. A másik három vizsgált klímamodell az éves csapadékmennyiségekre vonatkozóan növekedést jelez elő.

A kitettség minősítése: KÖZEPES

3.10.4.2.4 Éghajlati paraméter: Csapadék évszakos eloszlásának változása

A csapadék jövőbeli megváltozása nagy bizonytalansággal terhelt, mert a modellek eredményei nemcsak a változás mértékében, de gyakran annak előjelében is eltérnek, ráadásul a változások csak néhány esetben bizonyulnak statisztikailag szignifikánsnak. Ezzel együtt elmondható, hogy a magyarországi átlagos csapadékösszeg nyári csökkenése várható, míg ősszel és télen több csapadék valószínűsíthető, különösen az ország déli területein. A nyári csapadékátlag 2021–2050-re 5-10%-ot, 2071–2100-ra 20%-ot elérő csökkenésében jobbra egységesek a becslések. Ősszel országos átlagban 3- 14%-os növekedés várható.

A következő adatok a beruházás területére vonatkozóan az átlagos évszakos csapadékmennyiségeket jelenítik meg az 1961-1990, valamint 1970-2000 időszakra nézve. A megjelenített adatok az évenkénti évszakos csapadékösszegeknek a teljes vizsgált időszakra vett átlagai, melyek a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak.

Az alábbi táblázat az évszakonkénti csapadékmennyiség (mm) várható változását mutatja be az előbbieken leírt referencia időszakokhoz képest. A megjelenített értékek a két időszak átlagos, évszakonkénti csapadékösszegeinek különbségei.

38. táblázat: Az évszakonkénti csapadékmennyiség (mm) várható változása 2021-2050 között a projekt helyszínén 1.

Évszak	Referencia érték (1961-1990)	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell
tél	100-125	-25-0	-25-0
tavas	125-150	0-25	-25-0
nyár	175-200	-25-0	-25-0
ősz	125-150	0-25	-25-0

39. táblázat: Az évszakonkénti csapadékmennyiség (mm) várható változása 2021-2050 között a projektbelhelysínén 2.

Évszak	Referencia érték (1971-2000)	RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell	RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell	RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell
tél	75-100	0-25	0-25	0-25	0-25
tavas	125-150	-25-0	-25-0	0-25	0-25
nyár	150-175	-25-0	0-25	0-25	-25-0
ősz	125-150	-25-0	0-25	-25-0	0-25

A klímamodellek előrejelzései változó tendenciát mutatnak a csapadékmennyiségek évszaki változására vonatkozóan.

A legpesszimistább a RegCM klímamodell, mely az egész évre vonatkozóan a csapadékmennyiség csökkenését jelzi elő. A RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell a téli időszakot kivéve az összes évszakra vonatkozóan szintén a csapadékmennyiség csökkenését jósolja.

Az ALADIN-Climate klímamodell a téli és nyári évszakokra, az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell a nyári évszakokra vonatkozóan jósl csapadékmennyiség-csökkenést.

Az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell az őszi, míg az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell a nyári időszakra jelez elő csökkenést, a többi időszakra vonatkozóan növekedést jósolnak.

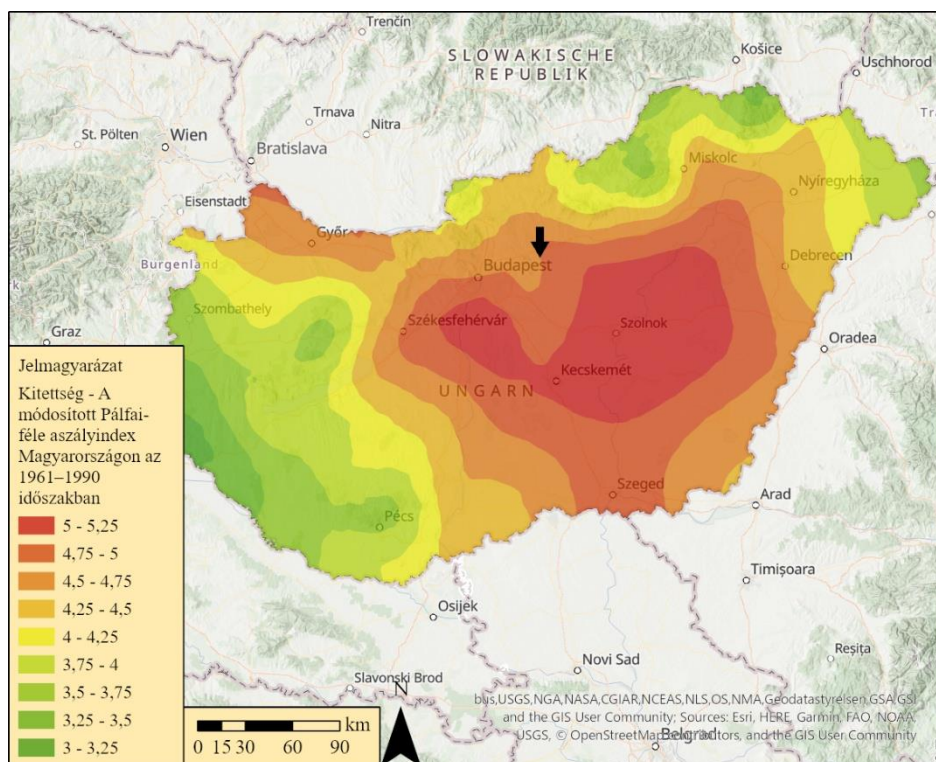
A kitettség minősítése a várható csapadékmennyiség-változásra vonatkozóan: KÖZEPES

3.10.4.2.5 Éghajlati paraméter: Aszályos időszakok hosszának növekedése

Érintett: Aszályos időszakok hosszának növekedése tekintetében Magyarország teljes területe érintett, fokozottan az Alföld, valamint olyan területek, ahol a vízkészletek szennyezettek, illetve az igénybevételük jelenleg is fokozott.

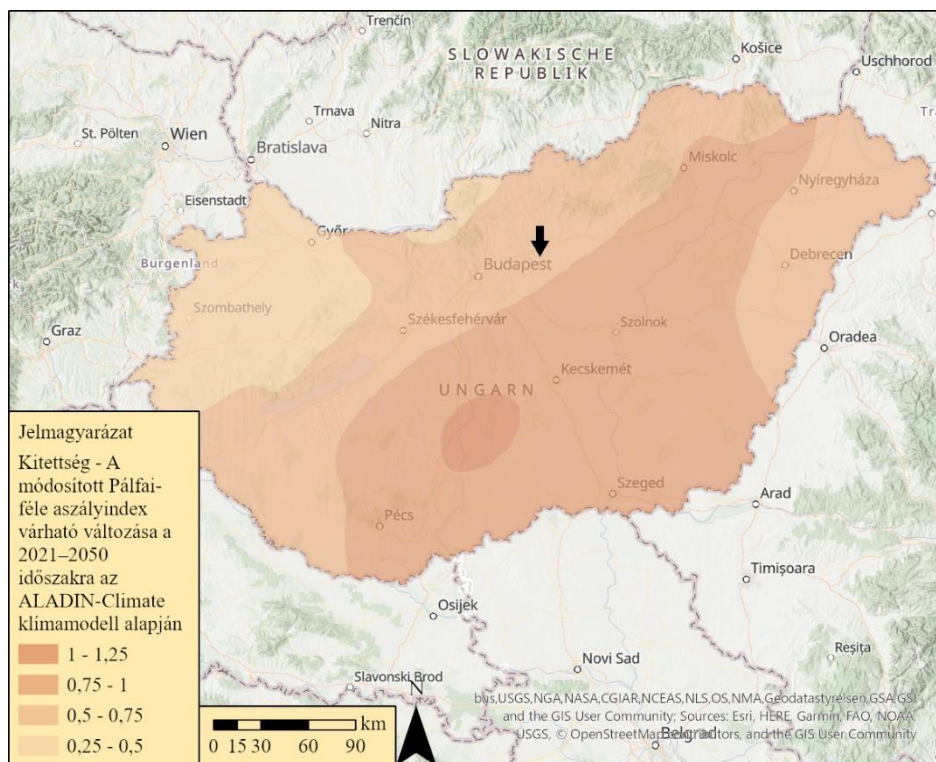
A területre jelenleg jellemző módosított Pálfai-féle indexet ábrázolja a fenti ábra, mely az átlagos értékeit ábrázolja Magyarország területére az 1961–1990 időszakra. A megjelenített értékek az egyes évekre számolt indexeknek a teljes vizsgált időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak.

A térkép alapján a területre jellemző Pálfai-féle index értéke 4,50-4,75 közötti, ami a PaDI szerinti aszálykategória szerint enyhe aszályos területnek minősül.

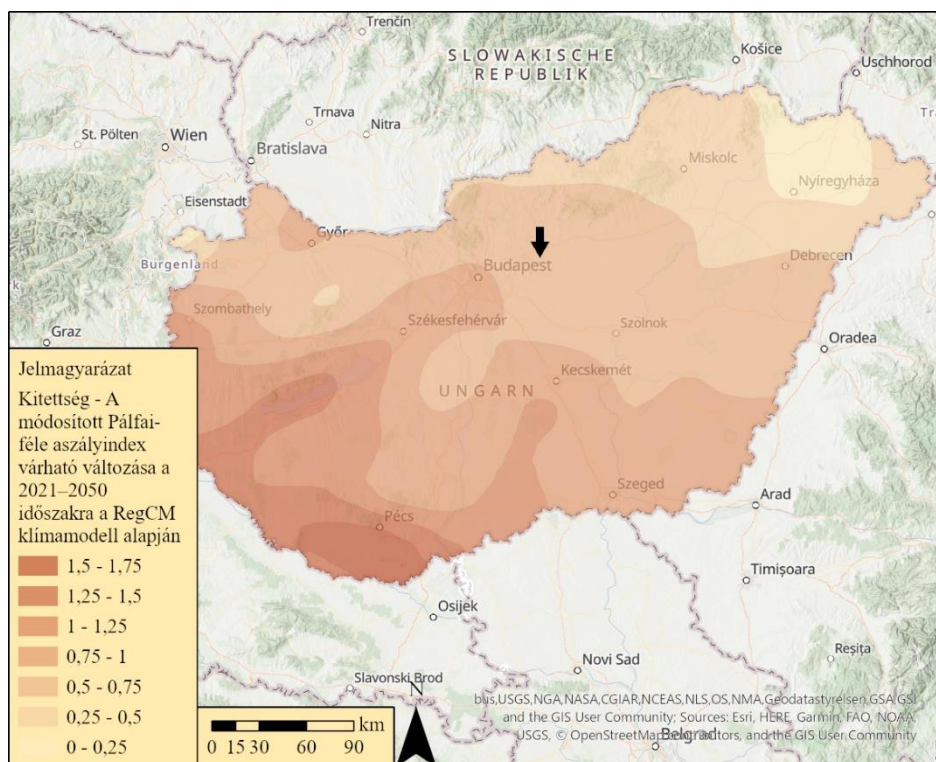


44. ábra: Kitettség – A módosított Pálfi-féle aszályindex a projekterületen az 1961-1990 közötti időszakban

A Pálfi-féle index az aszályviszonyok időbeli (évenkénti) és térbeli változásának kimutatására, (adott) térség aszályosságának meghatározására szolgál. A következő ábrák a módosított Pálfi-féle aszályindex átlagos értékeiben bekövetkező várható változást ábrázolja Magyarországon a 2021–2050 időszakra az ALADIN Climate és RegCM klímamodell projekciója alapján, az 1961–1990 referencia időszakhoz képest.



45. ábra: A módosított Pálfi-féle aszályindex várható változása a 2021–2050 időszakra az ALADIN-Climate klímamodell alapján



46. ábra: A módosított Pálfai-féle aszályindex várható változása a 2021–2050 időszakra a RegCM klímamodell alapján

Az előrejelzések szerint a mindkét klímamodell alapján 0,50 – 0,75 egységgel fog növekedni a térség aszályossága.

A térségeket súlytó aszályok erősségét kifejező osztályozási rendszer szerint a projektterület aszályossága közelít, de a legrosszabb esetben sem éri el a mérsékelt aszály sújtotta területi kategóriát (6 – 8°C/100 mm).

Száraz időszakról akkor beszélünk, amikor a napi csapadék összege nem haladja meg az 1 mm-t. A száraz napok számát tekintve a modellek nem mutatnak egyértelmű változást az évszázad közepére. Azonban a század végére már szignifikáns növekedés várható az ország egyes területein (főként keleten). Ezzel várhatóan nő a szárazság és aszály lehetősége és valószínűsége.

A kitettség minősítése: KÖZEPES

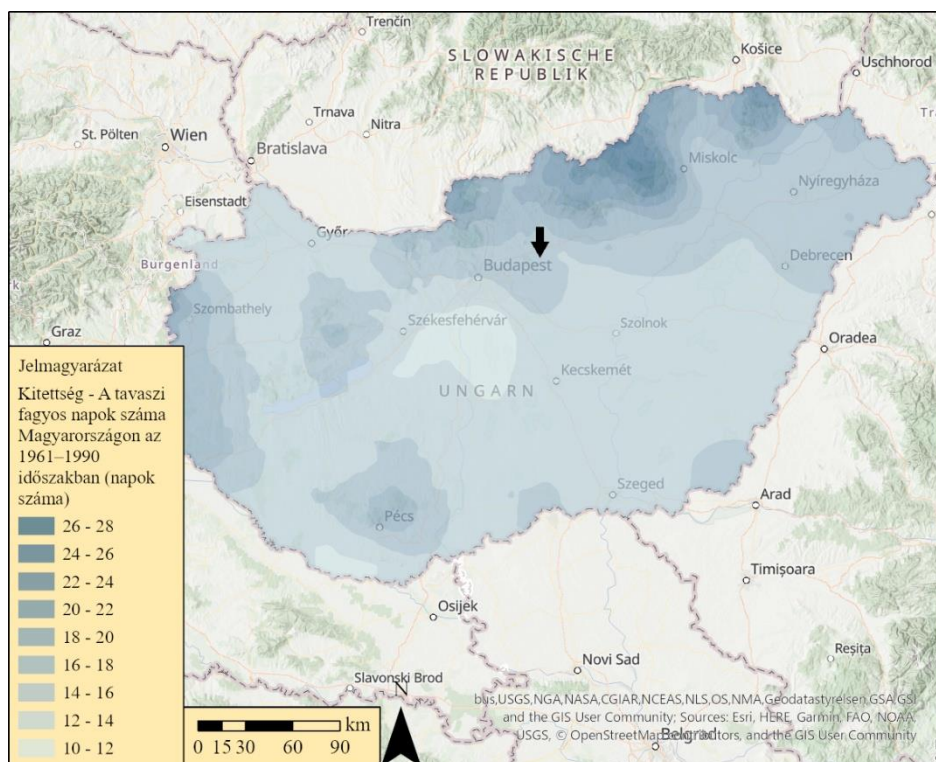
3.10.4.3 Időjárási szélsőségek

3.10.4.3.1 Éghajlati paraméter: Hideg szélsőségek csökkenése/csökkenés a fagyos napok számában

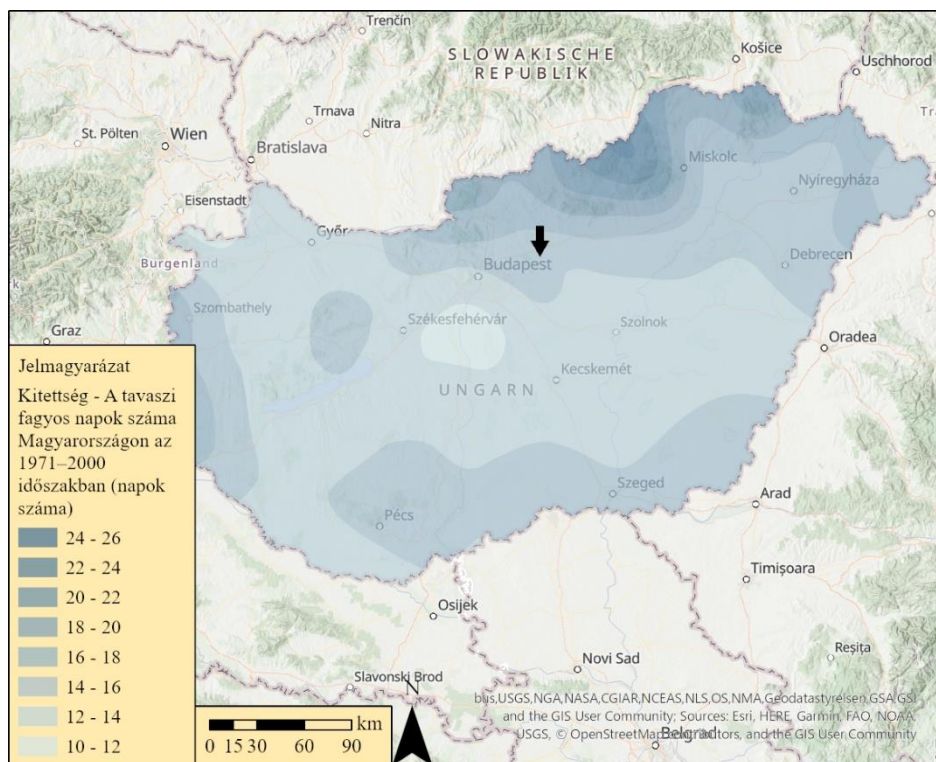
Érintett: Magyarország teljes területe

A fagyos napok (napi minimumhőmérséklet $<0^{\circ}\text{C}$) számának csökkenése és a hőség napok (napi maximumhőmérséklet $\geq 30^{\circ}\text{C}$) számának növekedése egyaránt a melegedő tendenciát jelzi (OMSZ).

A hűvösebb és a melegebb periódusok az indexek értékeiben is megnyilvánulnak, de a nyolcvanas évektől szembetűnő az extrém meleg időjárási helyzetek gyakoribbá válása, a szélsőséges hőmérsékletekben bekövetkezett változásokat jellemző trend értékek arra utalnak, hogy a klíma megváltozása a meleg szélsőségek egyértelmű növekedésével és a hideg szélsőségek csökkenésével jár a teljes múlt századot is felölelő időszakban.



47. ábra: Kitettség – A tavaszi fagyos napok száma a beruházás területén az 1961-1990 időszakban



48. ábra: Kitettség – A tavaszi fagyos napok száma a beruházás területén az 1971-2000 időszakban

A XX. század végén a téli hónapokban a +4 °C-ot meghaladó pozitív anomáliák a teljes időszak 5-10%-ában fordultak csupán elő, nyáron pedig egyáltalán nem. A szimulációk alapján mind télen, mind nyáron egyértelmű a pozitív hőmérsékleti anomáliák XXI. század végére várható gyakoriságnövekedése mindkét modell esetén. Kisebb növekedés várható a RegCM-szimuláció szerint: télen 20-35%, nyáron 25-45% az 1961-1990 időszak átlagát +4

°C-kal meghaladó anomáliák valószínűsíthető gyakorisága. A PRECIS modell szerint a század végére jelentősebb lesz a múltbeli átlagos hőmérsékletnél legalább +4 °C-kal magasabb havi átlaghőmérsékletek előfordulási gyakorisága (télen 50-60%, nyáron 75-90%).

Tavaszi fagyos napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi minimum hőmérséklet 0°C alá süllyed.

A projekt helyszínén a tavaszi fagyos napok száma az 1961-1990 időszakban 12-14 nap, az 1971-2000 időszakban 14-16 nap volt. A következő táblázatban a klímamodellek ezekhez a referencia időszakhoz képest mutatják a változást.

40. táblázat: A tavaszi fagyos napok számának várható változása a 2021–2050 időszakra a projekt helyszínén

	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP8.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP8.5 klímamodell
A tavaszi fagyos napok számának várható változása a 2021-2050 időszakra (napok száma)	-10--8	-4--2	-5-0	-5-0	-10--5	-10--5

Az összes vizsgált klímamodell alapján a tavaszi fagyos napok számának csökkenése várható. Az ALADIN-Climate (8-10 nap csökkenés), valamint az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 és RCP8.5 (5-10 nap csökkenés) klímamodellek előrejelzései alapján a csökkenés jelentős.

A kitettség minősítése: MAGAS

3.10.4.3.2 Éghajlati paraméter: Földtani veszélyforrás aktivitás

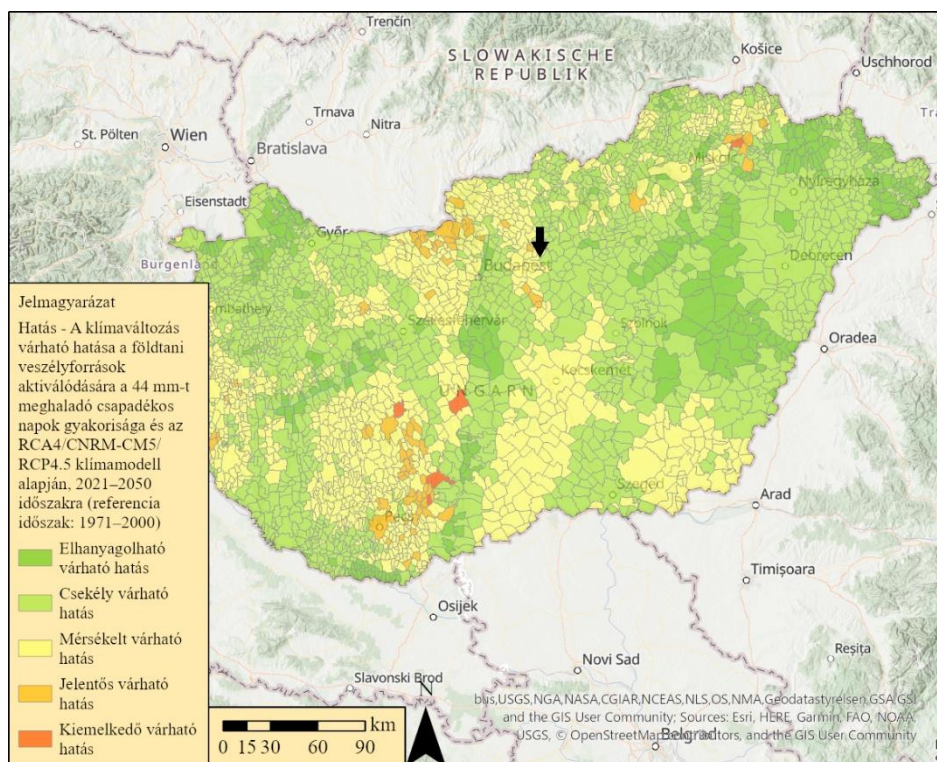
A földtani veszélyforrás aktivitást a hivatkozott éghajlati forgatókönyvek és a 44 mm-t meghaladó csapadékesemények gyakorisága alapján vizsgálhatjuk, hogy miként hat az éghajlatváltozás a felszínmozgások aktiválódására a referencia-időszakhoz viszonyítva. A csapadékmennyiségek tekintetében 44 mm feletti csapadékesemény előfordulásakor várhatunk az adott üledékföldtani-morfológiai szituációban felszínmozgást.

A várható hatást 5 kategóriába lehet sorolni.

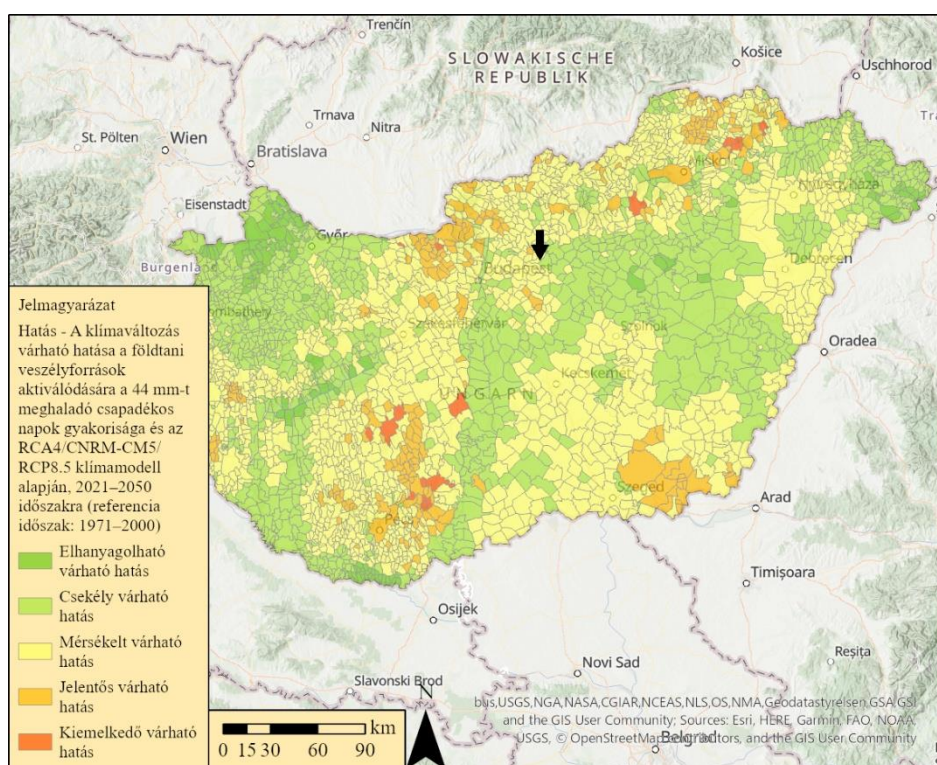
A földtani veszélyforrás fogalma alatt sokféle jelenséget értünk. A legismertebbek a földrengések és a vulkáni tevékenység különböző megjelenési formái. Ezek Magyarországon nem jelentenek gyakorlati kockázatot, továbbá bekövetkezésük nem időjárás, illetve klímafüggő. A harmadik csoport, az ún. sekély földtani veszélyforrások azonban országunkban sem elhanyagolható veszélyforrás típus, hiszen hazánkban e probléma 942 települést, a településállomány harmadát érinti.

A 2014-ben készített országos katasztrófa kockázatértékelési jelentés a sekély földtani veszélyforrásokat két fő csoportra osztotta, nevezetesen tömegmozgásokra és üregbeszakadások. E jelenségek különösen akkor okoznak jelentős károkat, ha építményeket vagy valamilyen – jellemzően vonalas – infrastrukturális létesítményt érintenek.

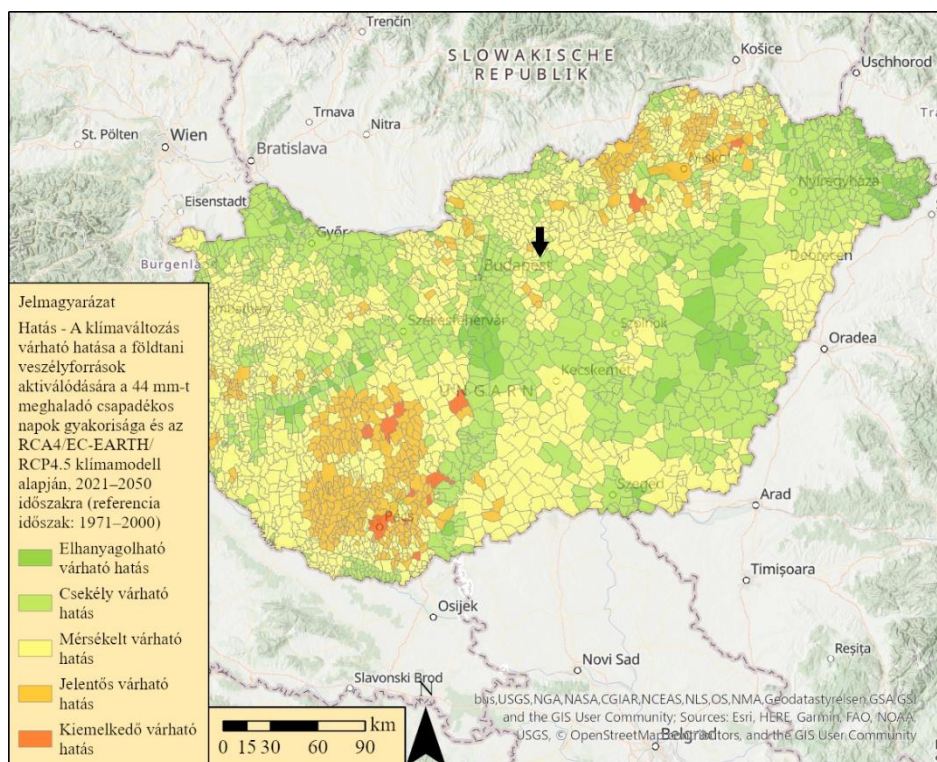
A tömegmozgások, valamint a bányavárat, pince, esetleg barlang eredetű üregbeszakadások veszélyforrásként való kezelését elsősorban a területhasználat kiterjesztése okozza, hiszen az emberek a települések fejlődésével olyan területeket is beépítenek, amelyek ezekkel érintettek.



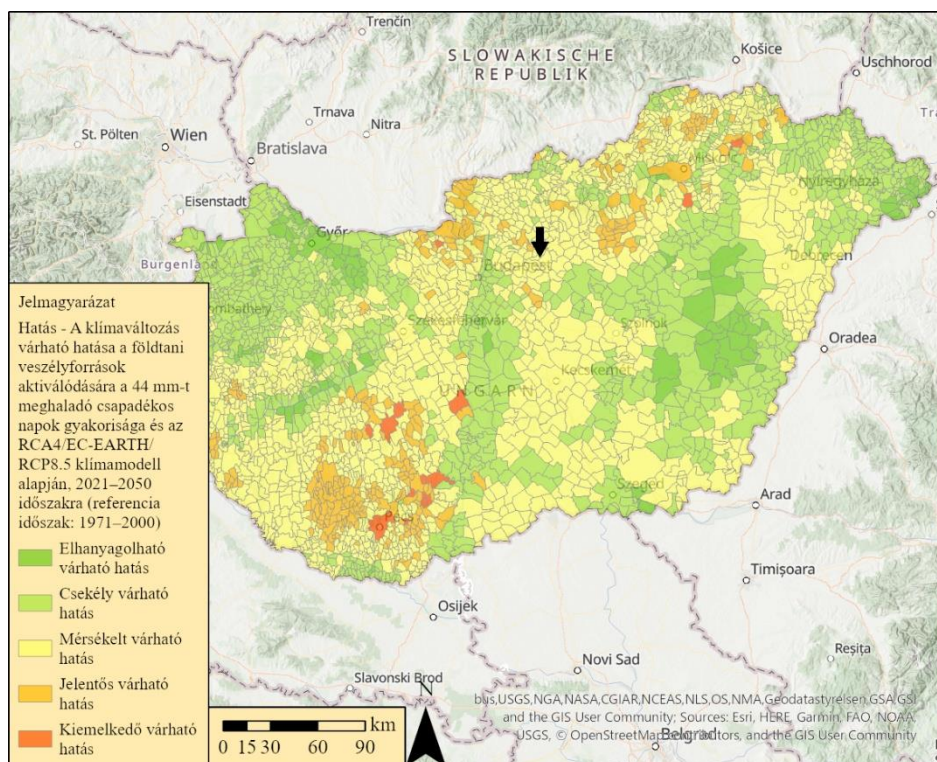
49. ábra: Hatás – A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell alapján, 2021–2050 időszakra (referencia időszak: 1971–2000)



50. ábra: Hatás – A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell alapján, 2021–2050 időszakra (referencia időszak: 1971–2000)



51. ábra: A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell alapján, 2021–2050 időszakra (referencia időszak: 1971–2000)



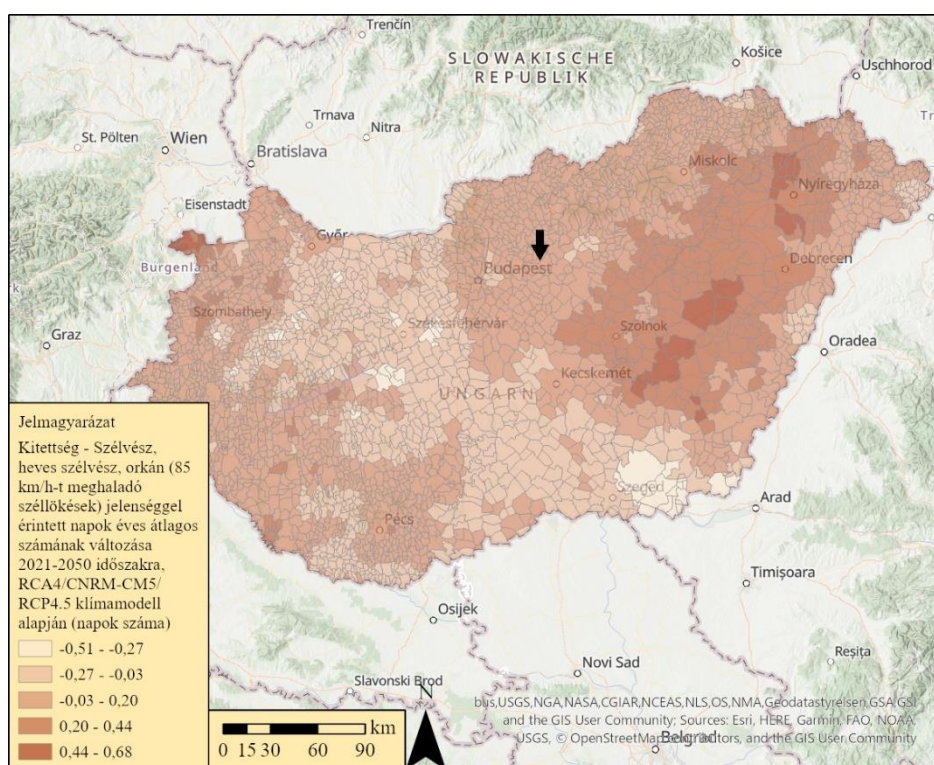
52. ábra: Hatás – A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakorisága az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell alapján, 2021–2050 időszakra (referencia időszak: 1971–2000)

A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakoriságát tekintve az összes klímamodell alapján csekély hatás várható Turára vonatkozóan az 1971-2000 referencia időszakhoz képest.

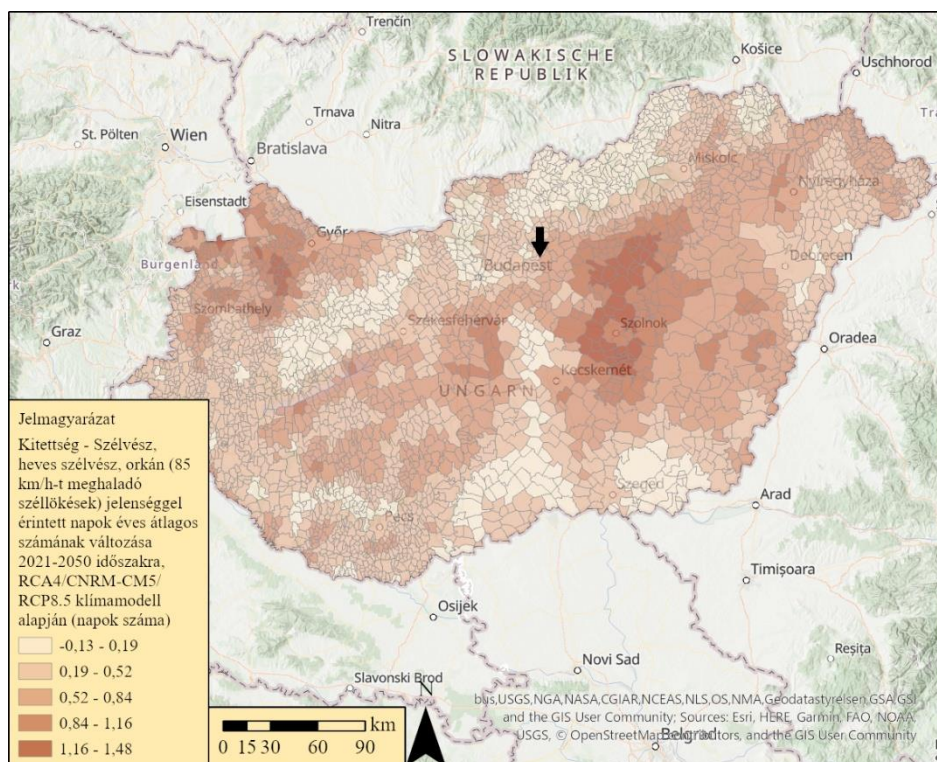
A kitettség minősítése: ALACSONY

3.10.4.3 Éghajlati paraméter: szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllelőkések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása

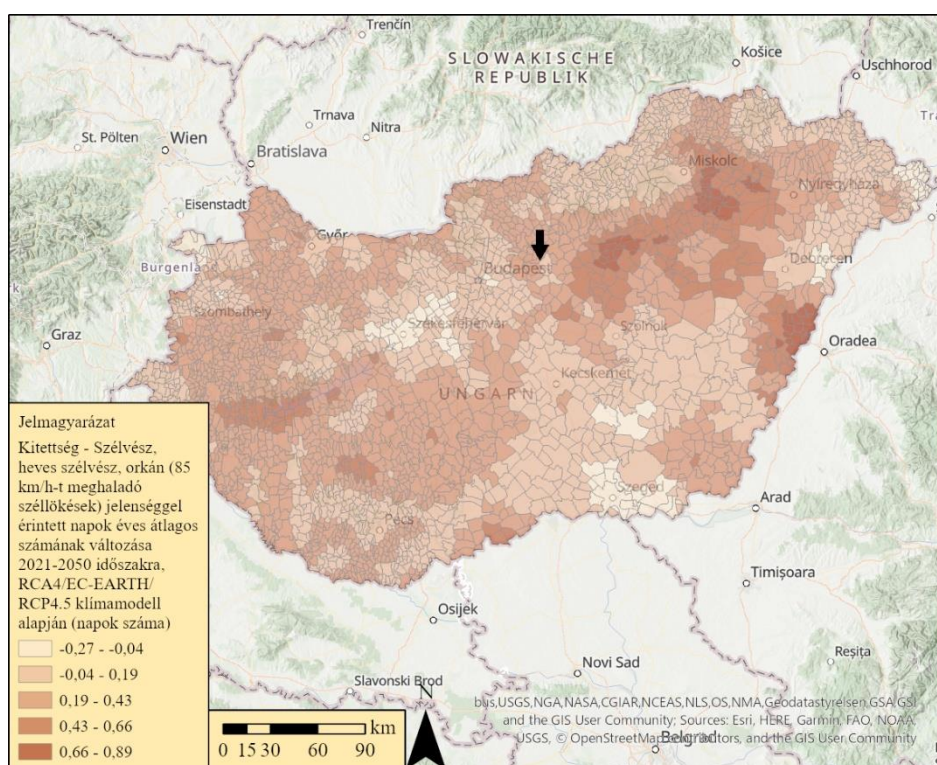
A mutató – az épületállomány-sérülékenységgel kapcsolatos vizsgálatok szempontjából jelentős változót – a 85 km/h-t meghaladó széllelőkésekkel érintett napok éves átlagos számának változását jeleníti meg települési szinten a modellezett 2021-2050 időszakban az 1971-2000 referenciaidőszak viszonylatában, a vizsgált klímamodellek alapján.



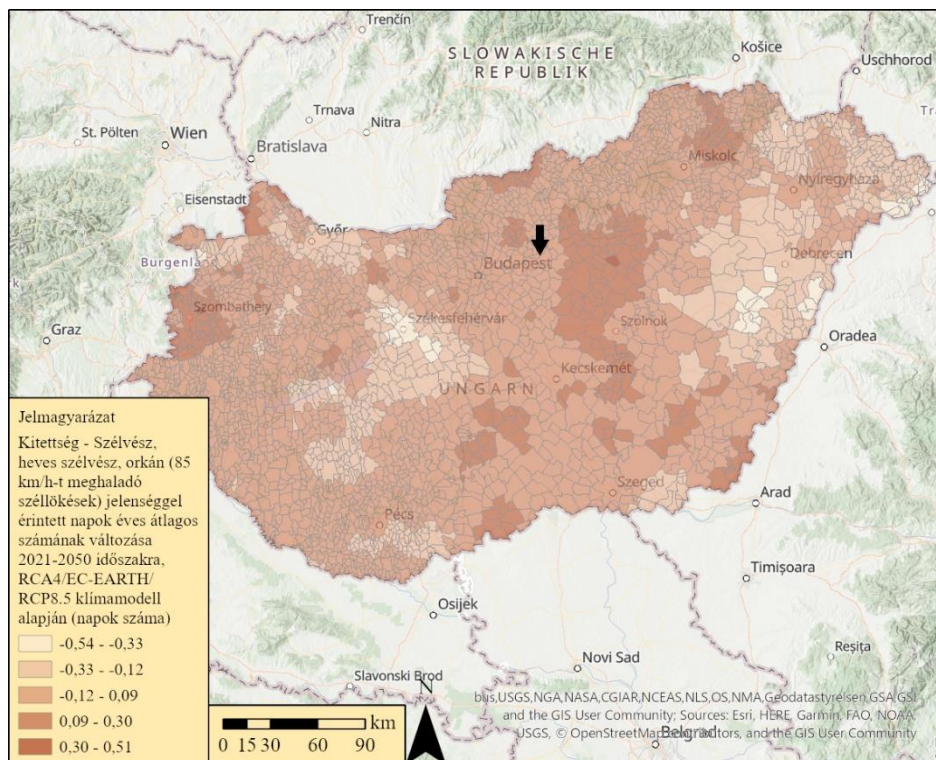
53. ábra: Kitettség – Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllelőkések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell alapján (referencia időszak: 1971-2000)



54. ábra: Kitettség – Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllelőkések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell alapján (referencia időszak: 1971-2000)



55. ábra: Kitettség – Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllelőkések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klímamodell alapján (referencia időszak: 1971-2000)



56. ábra: Kitétség – Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllelőkések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változása az RCA4/EC-EARTH/RCP8.5 klímamodell alapján (referencia időszak: 1971-2000)

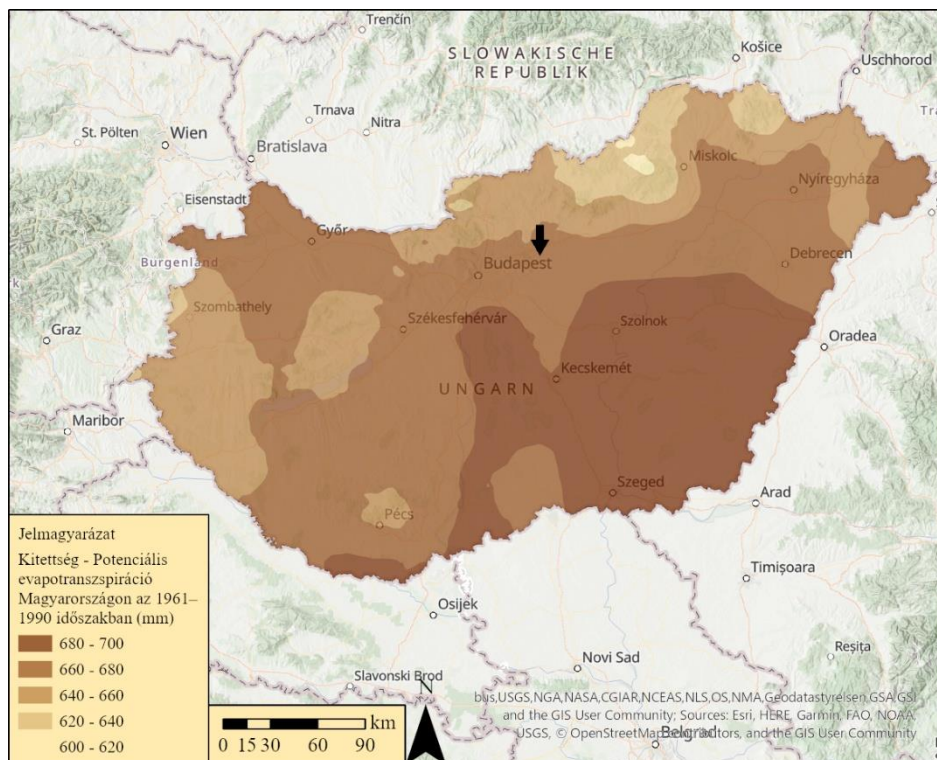
Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllelőkések) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változását tekintve az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodell kivéve az összes klímamodell kismértékű csökkenést jósol Turára vonatkozóan az 1971-2000 referencia időszakhoz képest, mely a beruházásra vonatkozóan kedvező.

A kitétség minősítése: ALACSONY

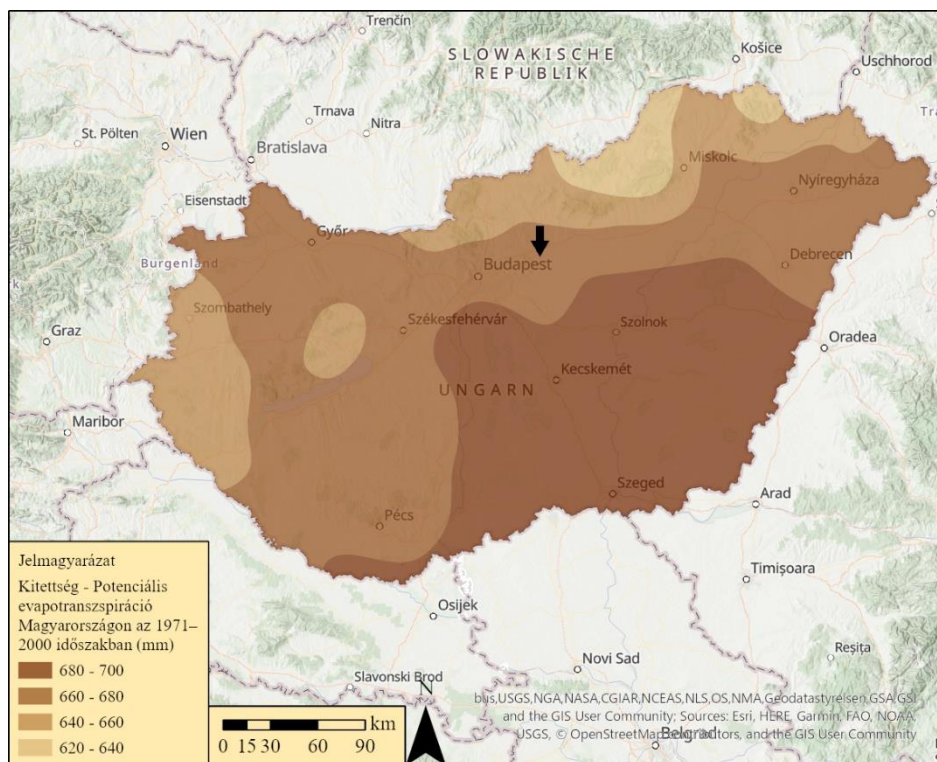
3.10.4.4 Párolgás

3.10.4.4.1 Éghajlati paraméter: Potenciális evapotranszpiráció

A potenciális evapotranszpiráció Thornthwaite módszere alapján került meghatározásra. A projekt helyszínén a potenciális evapotranszpiráció mértéke – az 1961-1990, valamint az 1970-2000 időszak adatai alapján – 660-680 mm.



57. ábra: Kitettség – Potenciális evapotranszspiráció a projekterületen az 1961-1990 időszakban (mm)



58. ábra: Kitettség – Potenciális evapotranszspiráció a projekterületen az 1971-2000 időszakban (mm)

Az alábbi táblázat a különböző modellek alapján becsült várható potenciális evapotranszspiráció mértékét tartalmazza.

41. táblázat: Kitétség – A potenciális evapotranszspiráció várható változása a 2021–2050 időszakra a projekthelyszínen

	ALADIN-Climate klímamodell	RegCM klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP8.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP4.5 klímamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP8.5 klímamodell
A potenciális evapotranszspiráció várható változása a 2021-2050 időszakra (mm)	60-80	20-40	20-30	20-30	30-40	40-50

Az ALADIN-Climate klímamodell potenciális evapotranszspiráció várható változására 60-80 mm-t jósol, ami a legnagyobb várható változás a többi klímamodell által előrejelzett értékekre vonatkozóan.

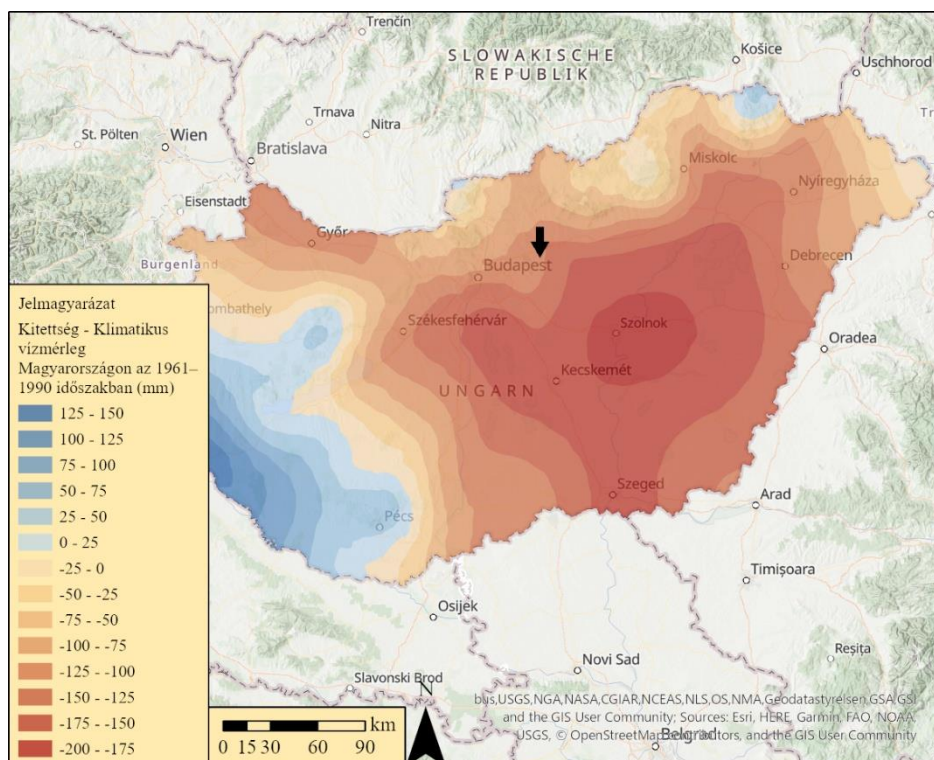
A többi vizsgált klímamodell 20-50 mm közötti változást jósol a potenciális evapotranszspirációra vonatkozóan.

A változás ~10%-os lesz legrosszabb esetben a klímamodellek alapján.

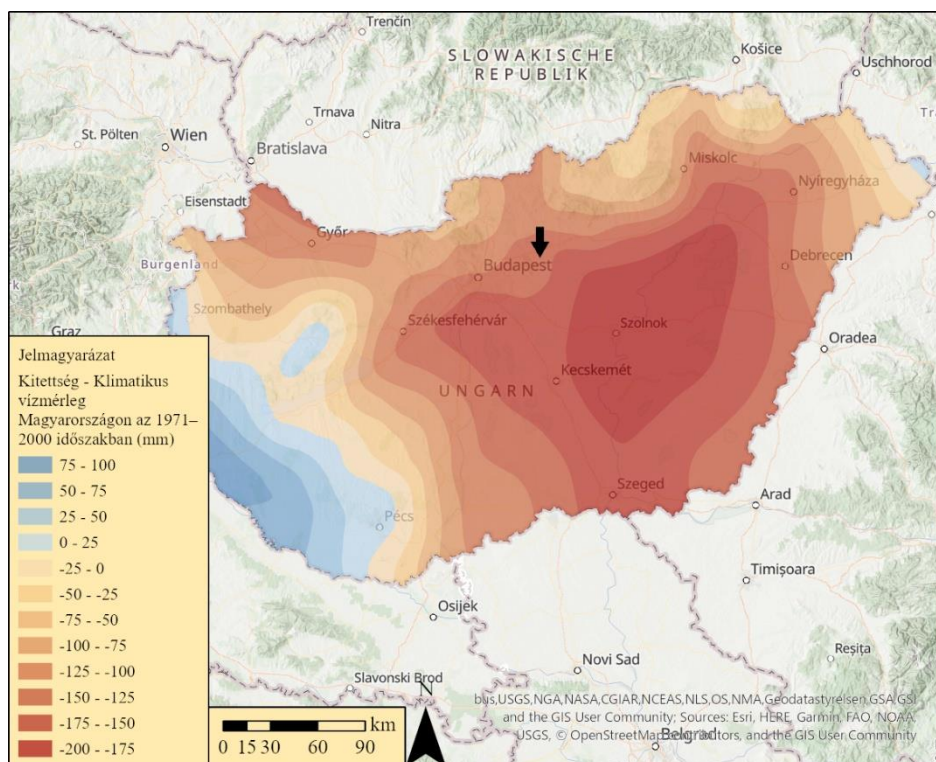
A kitétség minősítése: ALACSONY

3.10.4.4.2 Éghajlati paraméter: Klimatikus vízmérleg

Az alábbi térképek az éves klimatikus vízmérleg átlagos értékeit ábrázolják Magyarország területére, az 1961–1990 és az 1971–2000 időszakokra. A klimatikus vízmérleg az évi csapadékösszeg és az évi potenciális evapotranszspiráció különbségeként állt elő, ahol a potenciális evapotranszspiráció Thornthwaite módszere alapján került meghatározásra. A megjelenített értékek az éves klimatikus vízmérleg teljes vizsgált időszakra vett átlagai. Az adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak. Az 1961 és 1990 közti időszakra vonatkozóan a klimatikus vízmérleg -100 – -75 mm, az 1971-2000 időszak adatai alapján a klimatikus vízmérleg a projekt helyszínén -125 – -100 mm.



59. ábra: Kitétség – Klimatikus vízmérleg Magyarországon az 1961-1990 közötti időszakban



60. ábra: Kitettség – Klimatikus vízmérleg Magyarországon az 1971-2000 közötti időszakban

42. táblázat: Kitettség – A klimatikus vízmérleg várható változása a 2021–2050 időszakra a projekt helyszínen

	ALADIN- Climate klíamodell	RegCM klíamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP4.5 klíamodell	RCA4/ CNRM-CM5/ RCP8.5 klíamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP4.5 klíamodell	RCA4/ EC-EARTH/ RCP8.5 klíamodell
A klimatikus vízmérleg várható változása a 2021- 2050 időszakra (mm))	-100--75	-100--75	-75--50	0-25	0-25	-25-0

A klímaváltozás hatásai legerőteljesebben valószínűleg a vízfogalom módosulásán keresztül válnak majd érzékelhetővé. A klimatikus vízmérleg változásából jól látható, hogy a térségben a vízhiány tovább emelkedik 2050-ig a legtöbb vizsgált modell előrejelzése szerint. Az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 és az RCA4/EC-EARTH/RCP4.5 klíamodell kis mértékű emelkedést jósol.

A kitettségek minősítése: MAGAS

3.10.4.5 Belvízgyakoróság alakulása

A belvizek a Tisza-szabályozás hibáit követően kerültek előtérbe, a mély fekvésű területek belvíz miatti veszélyeztettsége jelentős. A belvízzel veszélyeztetett terület nagysága eléri a 4,4 millió ha-t, melynek 41%-a intenzíven művelt mezőgazdaság.

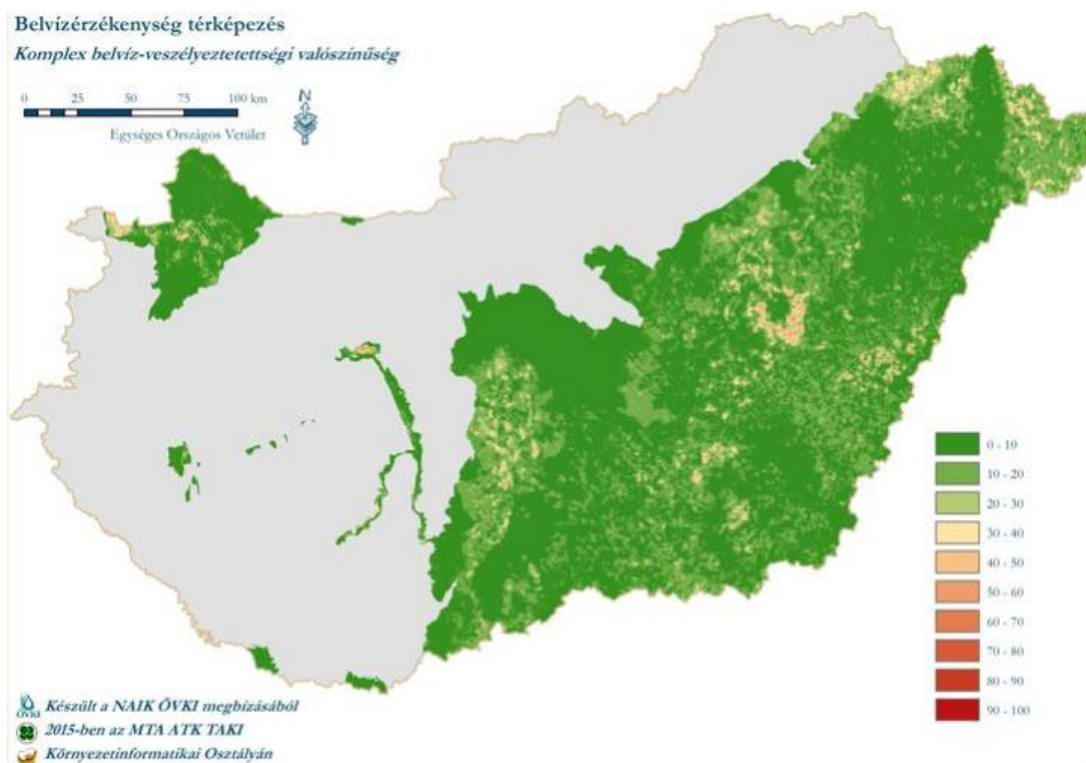
Az evapotranspiráció növekedése és a fagyos napok számának csökkenése a belvíz képződés csökkenése irányában hat, míg az intenzívebbé váló csapadékesemények, a nyári-tavaszi elöntések annak növekedéséhez járulhatnak hozzá.

A 2021-2050 közötti időszakra a HUMI index értékeiben változás nem azonosítható egyik modell eredményei alapján, az adatok a teljes területen –1,6 és 0% között szóródnak. A 2071-2100 közötti periódusra a számított változás

értékek alig haladják meg a $\pm 1\%$ -ot mindkét modell esetében, tehát a belvízveszély jelentős változását a HUMI index változásai nem vetítik elő. A változások térbeliségét tekintve a század végére a REMO alapján az alföld keleti részén várható a belvízveszély igen csekély mértékű növekedése.

Az „Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése” (KEOP 2.5.0/B/09-12-2013-0001) című pályázat (továbbiakban ÁKK) keretein belül az árvíz-kockázat kezelés tervezés III. ütemében külön feladatrészként valósult meg a „Belvízi veszélytérképezés”, mely alapján a projekthelyszín nem belvíz-veszélyeztetett terület.

Az adatok alapján a térség „ALACSONY” érzékenyséű.



61. ábra: Belvízérzékenység – Komplex belvíz-veszélyeztetettség valószínűsége

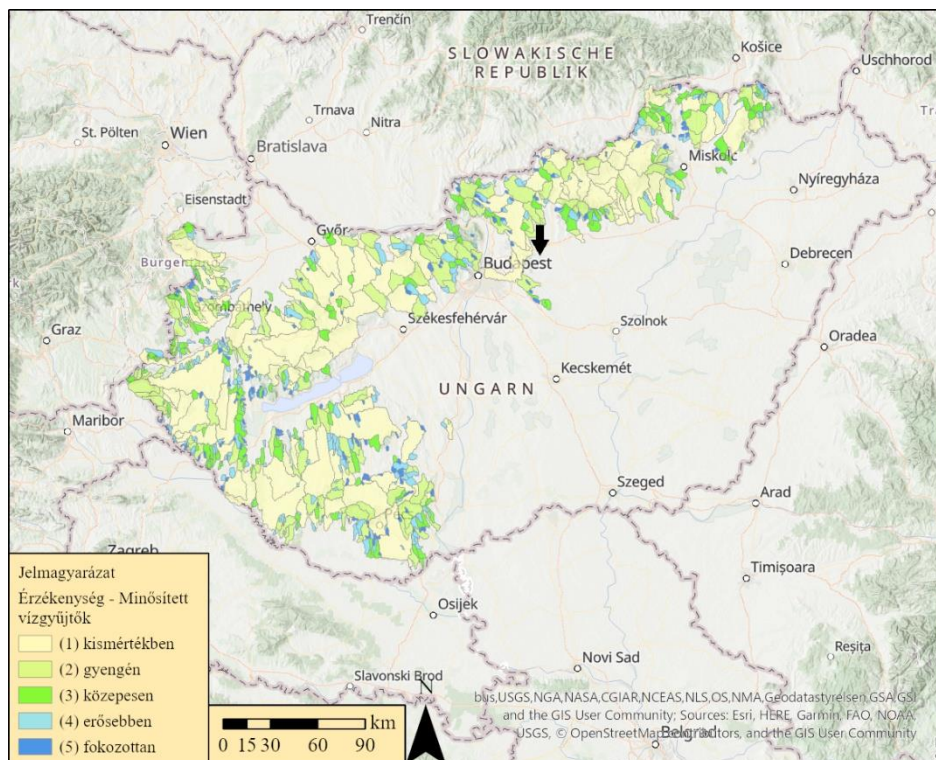
3.10.4.6 Árvíz és villámárvizek gyakoriságának növekedése

3.10.4.6.1 Éghajlati paraméter: Villámárvíz előfordulásának, gyakoriságának és intenzitásának növekedése

Magyarország teljes területe érintett az Alföld és a Kisalföld kivételével, fokozottan az Északi-középhegység, valamint a Dunántúli-középhegység, a Dunántúli-dombság és az Alpokalja területein, valamint városi területeken.

A terület Magyarország villámárvízi veszélytérképe alapján a villámárvizek előfordulása nem releváns a területen.

Az adatok alapján a térség ALACSONY kitettségű.



62. ábra: Magyarország villámárvíz veszélytérképe

3.10.4.6.2 Éghajlati paraméter: Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése

Érintett területek: Folyók mentén (különösen a Tisza teljes hossza, a Duna alföldi szakasza, a Kőrös és mellékágai, a Rába, a Dráva egyes szakaszai).

Az árhullám a folyó, vízfolyás meghatározott állapota, vízjárási helyzete, amelynél a vízhozam és a vízállás jelentősen megnövekszik. A gyakorlat a középvízi meder partét meghaladó, az abból kilépő vizeket nevezi árvíznek (nagyvíznek). Az árhullám természetes vízfolyások meghatározott keresztmetszében a vízállások (vízhozamok) völgyelést követő emelkedésének, tetőzésének, ez utáni újabb völgyelésig tartó süllyedésének együttese. A beruházással érintett terület nincs kitéve árhullámnak, a terület nem veszélyeztetett elöntés által.

A települések ár- és belvíz veszélyeztetettségi alapon történő besorolásáról szóló 18/2003. (XII. 9.) KvVM–BM együttes rendelet alapján Tura az erősen ár- és belvízzel veszélyeztetett területek közé tartozik.

A kitettség minősítése: MAGAS.

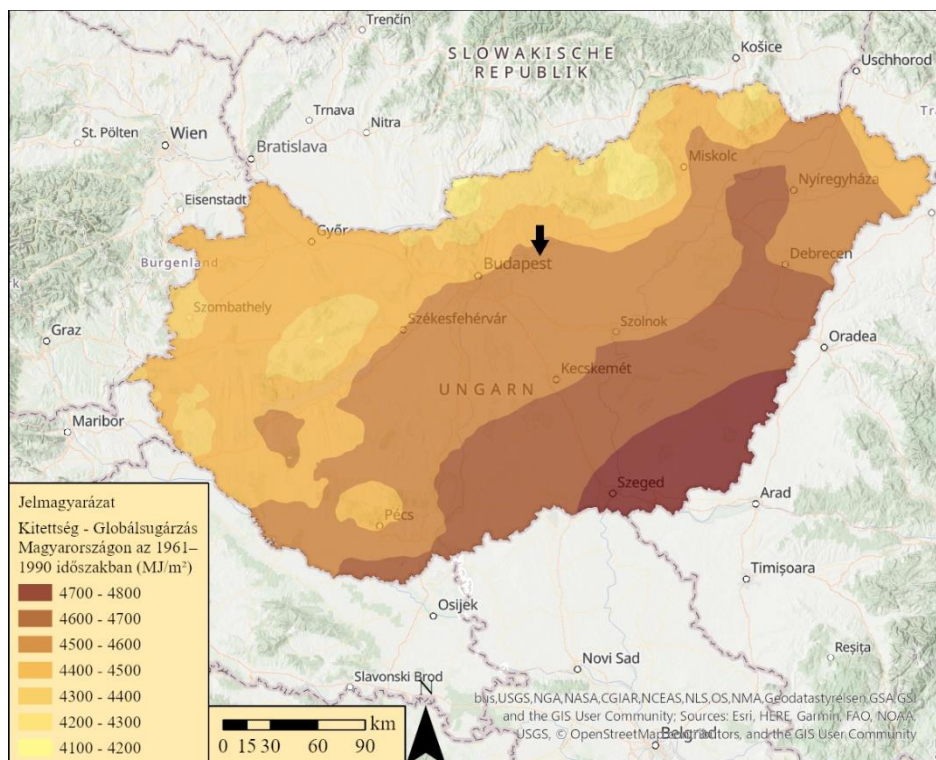
3.10.4.7 Globálisugárzás

Érintett: Magyarország teljes területe

A globálisugárzás alatt a Napból érkező közvetlen sugárzás, valamint az égbolt minden részéről érkező szórt sugárzás összegét értjük. A globálisugárzás növekedésével nőhet az átlaghőmérséklet, a párolgás mértéke, így hosszabb távon a kisvizek időtartama hosszabbodik.

A következő térkép az évi teljes globálisugárzás átlagos értékeit ábrázolja Magyarország területére, az 1961–1990 időszakra. A megjelenített értékek a globálisugárzás éves összegeinek a teljes vizsgált időszakra vett átlagai. Az

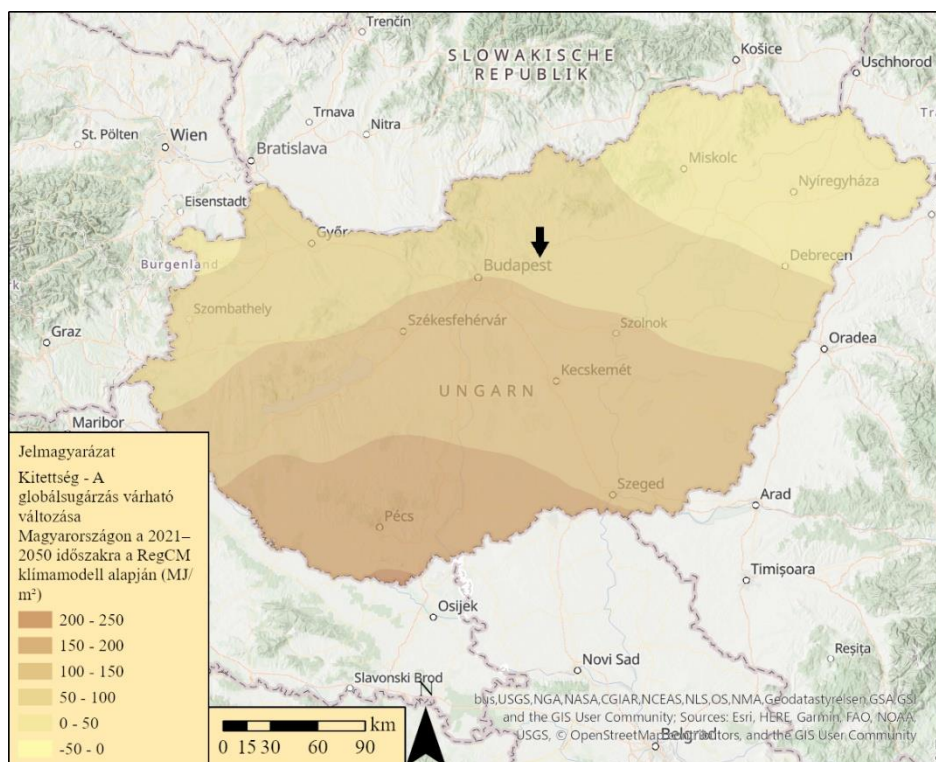
adatok a CARPATCLIM-HU adatbázisból származnak. A térkép alapján a tervezési területen a globálsugárzás értéke 4400-4500 MJ/m².



63. ábra: Kitettség – Globálsugárzás Magyarországon az 1961-1990 közötti időszakban (MJ/m²)



64. ábra: Kitettség – A globálsugárzás várható változása Magyarországon a 2021–2050 időszakra az ALADIN-Climate klímamodell alapján (MJ/m²)



65. ábra: Kitétség – A globálisugárzás várható változása Magyarországon a 2021–2050 időszakra a RegCM klímamodell alapján (MJ/m²)

A klímamodellek általi előrejelzések szerint a globálisugárzás mértéke a projekt helyszínén csak kis mértékben változik (1-3%), az ALADIN-Climate klímamodell 0-50 MJ/m², a RegCM klímamodell 100-150 MJ/m² növekedést jósol a globálisugárzás változására.

A kitétség minősítése: ALACSONY

3.10.4.8 A kitétség vizsgálat eredményeinek összefoglalása

Az előrejelzések szerint a csapadék mennyiségének változása összességében nem lesz jelentős, de a csapadék évszakos eloszlásának változása okozhat vízgazdálkodási problémákat. Az általános projekció, hogy a hőmérséklet és a párolgás növekedésével várhatóan kisebb lesz az évi lefolyás a térség vízfolyásain. A természetes vízellátottság és a vízminőség romlása az ökoszisztémákra hátrányos, és különösen a vizes élőhelyek fennmaradását, biodiverzitását veszélyeztetik.

A hőmérsékletre vonatkozó adatokat tekintve az elkövetkező 30 évre szóló klímamodelleket vizsgálva további növekedést prognosztizálhatunk. A hóhullámos napok és a forró napok számának növekedése a vizsgált területen jelentős. A modellek közötti különbség miatti bizonytalanság ellenére is egyértelmű a nyári hónapok átlaghőmérsékletének növekvő tendenciája, illetve ezzel párhuzamosan az extrém meleg napok számának növekedése is.

A modellek szerint a tervezett beruházás helyszíne hóhullámokkal szembeni kitétség alapján erős kitétségű. A hóhullámos napok gyakoriságága a vizsgált területen 76,16%-kal növekszik a következő 30 évben. A klímamodellek által prognosztizált fagyos napok számának csökkenése és a hőség napok számának növekedése egyaránt a melegedő tendenciát jelzi a beruházás területén. Az összes vizsgált klímamodell alapján a tavaszi fagyos napok számának csökkenése várható.

Tovább ronthatja a helyzetet, hogy az éjszakai hőmérséklet emelkedésével veszélybe kerülhet, elmaradhat a nyári, csapadékszegény időszakban különösen fontos harmatképződés.

A csapadék a hőmérsékletéhez képest nehezebben modellezhető meteorológiai elem, ebből adódóan a különböző modellek eredményei nemcsak a változás mértékében, de annak előjelében sem mindig mutatnak egyezést. Az ALADIN-Climate, RegCM és RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell szerint a csapadékmennyiség csökkenni fog az 2021-2050 időszakban a projekt helyszínén az 1961-1990, illetve 1971-2000 referencia időszakhoz képest. A másik három vizsgált klímamodell az éves csapadékmennyiségekre vonatkozóan növekedést jelez elő.

Az intenzív záporból, zivatarból rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadékhullás gyakoribbá, az intenzitása pedig a tapasztalatok szerint folyamatosan erősebbé válik. A nagymennyiségű és intenzív csapadékos jelenségek várhatóan elsősorban a nyarak kivételével lesznek gyakoribbak, a száraz időszakok hossza pedig nyáron fog leginkább növekedni. Az RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5 klímamodell kivételével az összes klímamodell a tárgyi területre vonatkozóan a 30 mm-t meghaladó csapadékos napok számának növekedését jósolja meg. Az intenzív záporból, zivatarból rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadékhullás gyakoribbá, az intenzitása pedig a tapasztalatok szerint folyamatosan erősebbé válik Magyarországon, így a térségben is.

A terület érzékenysége alacsony villámárvizek tekintetében.

Kedvezőtlen változás a nagyintenzitású csapadékok gyakoribbá válása, melyek esetén gyakran előfordul, hogy a talaj vízbefogadó-képességét meghaladó mennyiségű csapadék esik, a nem hasznosítható vízmennyiség pedig egyszerűen elfolyik, nem tározódik. A csapadék mennyiségének eloszlásának szélsőségesse válik, az aszályos időszakokban vízhiány lép fel.

Az aszályos napok számát tekintve a modellek nem mutatnak egyértelmű változást az évszázad közepére, azonban a század végére már szignifikáns növekedés várható az ország egyes területein (várhatóan a projekt helyszínén is). A térségeket súlytó aszályok erősségét kifejező osztályozási rendszer szerint a projektterület aszályossága a legrosszabb esetben sem éri el a mérsékelt aszály sújtotta területi kategóriát (6 – 8 °C/100 mm).

A klímaváltozás várható hatása a földtani veszélyforrások aktiválódására a 44 mm-t meghaladó csapadékos napok gyakoriságát tekintve az összes klímamodell alapján csekély hatás várható Tura térségében az 1971-2000 referencia időszakhoz képest.

Szélvész, heves szélvész, orkán (85 km/h-t meghaladó széllesek) jelenséggel érintett napok éves átlagos számának változását tekintve az RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5 klímamodellt kivéve az összes klímamodell kismértékű csökkenést jósol Tura térségében az 1971-2000 referencia időszakhoz képest.

A klímaváltozás hatásai legerőteljesebben valószínűleg a vízfogalom módosulásán keresztül válnak majd érzékelhetővé. A potenciális evapotranspiráció várható közel 3-12%-os növekedése, és a csapadékmennyiség csökkenése a klimatikus vízmérleg negatív irányú változását idézi elő.

43. táblázat: Kitértésvizsgálat eredményeinek összefoglalása

Éghajlati paraméter változása	Kitértéség
1. Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése	közepes
2. Nyári napok számának növekedése (napi max. > 25 °C)	közepes
3. Fagyos napok számának csökkenése (napi min. < 0 °C)	magas
4. Hőségnapok számának növekedése (napi maximum ≥ 30 °C)	magas
5. Trópusi éjszakák számának növekedése (napi minimum ≥ 20 °C)	alacsony
6. Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet > 25 °C)	magas
7. Átlagos napi hőingás növekedése (napi maximum és minimum különbsége, °C)	alacsony
8. Éves csapadékmennyiség csökkenése	közepes
9. Csapadékos napok számának csökkenése (napi csapadékösszeg ≥ 1 mm, %)	alacsony

Éghajlati paraméter változása	Kitettség
10. Átlagos napi csapadékos napok növekedése (csapadékos napok átlagos csapadéka, mm/nap)	közepes
11. Max. száraz időszak hosszának növekedése (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg < 1 mm, nap)	közepes
12. Max. nedves időszak hosszának változása (leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg ≥ 1 mm, nap)	alacsony
13. 20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg ≥ 20 mm, nap)	közepes
14. Felszíni vizek átlaghőmérsékletének lassú növekedése	alacsony
15. Csapadék évszakos eloszlásának változása	közepes
16. Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	közepes
17. Felhőszakadási (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése	közepes
18. Villámárvíz előfordulási gyakoriságának és intenzitásának növekedése	alacsony
19. Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése	alacsony
20. Belvíz kialakulásának gyakoriságának növekedése	alacsony
21. Vízkészletek csökkenése (vízfolyások nyári kisvízi készletének csökkenése, tavak alacsony vízállású időszakainak gyakoribbá válása, felszín alatti vízkészletek csökkenése)	magas
22. Aszály gyakoribb előfordulása	közepes
23. Tömegmozgás gyakoribb előfordulása	alacsony
24. Erdőtűzek gyakoriságának növekedése	alacsony
25. Szélerózió	alacsony

3.10.5 A potenciális hatások elemzése

3.10.5.1 A potenciális hatások áttekintése

A projektet érő potenciális fizikai hatások abban az esetben fordulhatnak elő, ha a projekt érzékeny egy adott éghajlati paraméterre, és ezzel egyidőben a projekthelyszín ki van téve az adott éghajlati paraméternek. A két feltétel együttes fennállása szükséges. A következő táblázatokból kiderül, hogy a létesítmények és a hozzájuk köthető szolgáltatások a szélsőséges időjárási körülmények hatására károsodhatnak leginkább. Ilyenek például az intenzív csapadék, hóhullámok, belvizek stb. A hosszútávon bekövetkező változások kevésbé vannak hatással rájuk. Illetve kijelenthetjük, hogy a szolgáltatások terén (pl.: idegenforgalom) hamarabb jelennek meg zavarok, mint eszközök terén. Az infrastruktúra jellemzően olyan hatásokkal szemben mutat magas érzékenységet, amelyek bekövetkezési valószínűsége alacsony (pl.: földrengés). A következőkben azokat a potenciális hatásokat vesszük számba a lehetséges következményekkel egyetemben; eszközökre, szolgáltatásokra és környezetre vonatkozó bontásban, amelyeknek a projekt terület ténylegesen ki van téve.

Az épületekben, a tartószerkezetekben magasabb szilárdságú anyagok felhasználása szükséges, az épülethatároló szerkezetekben pedig megnő a hőszigetelés szerepe. Ajánlatos számolni a talajok csapadékkiszáradás következtében előálló mozgásának rongáló hatásával. Továbbá az eseti viharokkal, a szélnyomással, a szél szívó hatásával és az örvény-leválással. Általános szabályként szükséges mérlegelni a klímaváltozás anyagfáradásra gyakorolt hatását, valamint azt, hogy az épületek hamarabb tönkremehetnek. A vidéki települések, mező-erdőgazdasági üzemek épületeinél, épület-beruházásainál a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodást célszerű összekapcsolni az épületek minősítését előíró EU irányelvek érvényesítésével.

44. táblázat: A potenciális hatások és következményeik összefoglalása

Éghajlati paraméter változása	Várható hatás		
	A beruházás helyszínén található eszközök	Közlekedési kapcsolatok, munkaerő, inputok és szolgáltatások	Projekt helyszín környezetének adaptációs képessége
Fagyos napok számának csökkenése (napi min. < 0 °C)	Csökkenő fagy emelő képesség miatti burkolat és alap károk.	Közlekedésbiztonság javul.	Nem releváns.
Hőségnapok számának növekedése (napi maximum ≥ 30 °C)	A létesítmények, eszközök élettartama megrövidül.	Az útkárosodás miatt a közlekedés akadályoztatása, baleseti kockázat növekedése. Orvosmeteorológiai hatások a közlekedőkre. Járművek túlmelegedése, fokozott gumikopás.	A szilárd burkolatok hőcsapdaként működnek. Zöld felületek és takaró fásítás kialakítása enyhíti a hőmérséklet okozta károkat.
Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése			
Hőhullámos napok számának növekedése (napi középhőmérséklet > 25 °C)			
Átlagos napi hőingás növekedése (napi maximum és minimum különbsége, °C)			
Átlagos napi csapadékos napok növekedése (csapadékos napok átlagos csapadéka, mm/nap)	Károsodik a létesítmények szerkezete: kimosódik az alap, beszakadás, süllyedés következik be.	Alacsonyan fekvő elemek ideiglenes víz alá kerülése.	A művi létesítmények akadályozzák a vizek lefolyását. A kialakítandó csapadékvíz-elvezetés az elöntéseket mérsékli.
20 mm-t elérő csap. napok számának növekedése (napok száma, amikor a napi csapadékösszeg ≥ 20 mm, nap)			
Csapadék évszakos eloszlásának változása			
Megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés	A kültéri elemek öregedése felgyorsul, felületi repedések jelennek meg. A bitumen öregedése felgyorsul, felületi repedések jelennek meg.	Orvosmeteorológiai hatások	A beruházás területén fatelepitések javasoltak, mely árnyékoló hatása kedvező.
Felhőszakadási (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése	Épület alapok, térburkolatok és kiegészítő infrastruktúrák károsodása.	Alacsonyan fekvő elemek ideiglenes víz alá kerülése.	Csapadékvíz elvezetés javító hatású.
Aszály gyakoribb előfordulása	nem releváns	nem releváns	A csapadékvíz elvezetőrendszer révén a csapadék helyben tartása az aszály hatásait csökkenti.
A csapadékvíz elvezető-gyűjtő rendszer révén a csapadék helyben tartása az aszály hatásait csökkenti.	Épületek és létesítmények szerkezeti károsodása. Az épületek, egyéb eszközök használhatatlanná válása a szerkezeti károsodások miatt.	Közlekedés akadályoztatása szerkezeti károsodások miatt.	Nem releváns.
Erdőtüzek gyakoriságának növekedése	Tűzkár	Közlekedésbiztonság romlása. Eszközök károsodása.	Nem releváns.

A fenti eredményeit kell szerepeltetni a következő táblázatban. A táblázat megfelelő cellájába kell beírni a különböző éghajlati paramétereket, melyekre a projekt érzékeny. Egy hatást akkor tekintünk potenciálisnak, ha az

érzékenység és a kitettség együttesen jelentkeznek az adott projekt területén, tehát minimum közepes kitettség és minimum közepes érzékenység.

45. táblázat: A beruházást érintő éghajlati paraméter változások érzékenysége és kitettsége

Érzékenység	Kitettség			
		Alacsony	Közepes	Magas
	Alacsony	7., 9., 12., 14., 19., 24., 25.	1., 2., 10., 11., 13., 15., 22.	3.
	Közepes	5., 18., 20., 23.	16.	6.
	Magas		8., 17.	4., 21.

3.10.5.2 A potenciális hatások értékelése

Az elmúlt néhány évtizedben tapasztalt igen szélsőséges meteorológiai és hidrológiai események a klímaváltozás előjelének is tekinthetők. Az előrejelzések alapján fel kell készülni a szárazságra, illetve az elhúzódó és egyre gyakoribbá váló vízhiányra.

A klímaváltozás eredményeként szélsőséges meteorológiai és környezeti jelenségek és folyamatok (belvizek, aszályok, szélviharok, hőség hullámok, korai és késői fagyok, jégesők és özvívíz szerű zivatarok stb.) valószínűsége növekedni fog a jövőben, melyek jelentős környezeti, valamint gazdasági károkat, illetve egészségügyi és szociális problémákat okoznak.

Az éghajlatváltozás eredményeként bekövetkező a szélsőséges időjárási helyzetek (átlagos napi csapadékoság növekedése; a nedves időszak hosszának változása, felhőszakadást (viharos időjárási) események számának és intenzitásának növekedése) a projekt által használatban lévő létesítményekre károsan hathat, a fenntartási költségeket növelheti.

A csapadék intenzitásának növekedése az épületek és utak szerkezeti károsodásához vezethet (alap kimosódása, beszakadás, süllyedés, töltés stabilitásának csökkenése), valamint hozzájárul a tömegmozgás okozta károk kockázatának növeléséhez. A nagy mennyiségű csapadék következtében műtárgyak, földművek, burkolatok károsodnak. Az intenzív havazás, a fagy nehezíti a téli közlekedést és fokozza az üzemeltetési beavatkozások volumenét (hóeltakarítás, síkosság megszüntetése, téli burkolatkárok javítása, hófúvás elleni védekezés).

A viharos időjárási események számának növekedése, a hevesebb, erősebb széllesekkel járó viharok a kiegészítő infrastruktúra károsodásához vezethet, valamint a közlekedési kapcsolatok akadályoztatása léphet fel a balesetek kockázatának növelésével, utak járhatatlanná válásával pl. fák, lámpák, oszlopok kidőlése miatt. Az átlaghőmérséklet emelkedése, az aszályos és hőhullámos napok számának növekedése a fokozódó párolgás miatt vízállás kisebb lesz, növekszik a mezőgazdaság, valamint az ipar vízigénye. A tartósan magas vízhőmérséklet az oldott oxigén hiányához vezet, mely következtében gyakori halpusztulást és a vízi élővilág fajgazdagságának csökkenését eredményezi.

A felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése miatt továbbá a tetőszerkezet és az útburkolatok élettartama is rövidülhet (repedések, deformálódó útburkolatok), a hőség napok és hőhullámok számának növekedése szintén az utak deformálódáshoz, nyomvályúsodáshoz járul hozzá szélsőséges esetben egyes szakaszok lezárását, az ezeken zajló közlekedés korlátozását is szükségessé teheti.

A tartós aszály ronthatja a telephely zöldfelületi nyári vegetációjának állapotát. A zöldfelületeken a nem megfelelő fenntartás esetén elszaporodhatnak az invazív, illetve allergén gyomok. Ezek az emberi egészség szempontjából nézve nem kívánatosak.

A megnövekedett UV sugárzás a tetőszerkezet öregedésének felgyorsulásához vezethet, valamint hozzájárulhat a felületi repedések kialakulásához. Emellett a használók komfortérzetét is csökkenti.

A nagyintenzitású csapadékok gyakoribbá válásának következményeként a talaj vízbefogadó-képességét meghaladó mennyiségű csapadék esik, a nem hasznosítható vízmennyiség pedig egyszerűen elfolyik, nem tározódik.

A fagyos napok számának és hideg szélsőségek csökkenése ellenére télen is előfordulhatnak szélsőséges időjárási körülmények. A fagypont körüli hőmérséklet és a változó halmazállapotú csapadékok is kedvezőtlenül érintik a burkolatok állagát: az térburkolatba szivárgó nedvesség kátyúsodást okoz, mely jelenség szintén gyakoribbá válhat. Szélsőséges időjárás esetén hóakadályok kialakulására is fel kell készülni.

A létesítmények és épületek, valamint a parkolók alapjaira a fagyos napok jelentős károkat okoznak. Az alapok megemelkedését pl. az idézi elő, hogy a fagyott talaj térfogata megnő, aminek következtében megemelkedik a talaj, az útburkolatokon jéggel tömött fagydombok, kidudorodások alakulnak ki, olvadáskor pedig megsüllyednek.

Az épületszerkezeteket esetén pedig főként a megnövekedett hőteher, valamint a hevesebb viharokkal járó szélteher és jégeső érintheti negatívan. Különösen veszélyeztetettek a tetőszerkezetek és a homlokzati felületek rögzítő elemei. A hóhullámok, a korai és kései fagyok, az özvízyszerű esőzések, zivatarok is jelentősen befolyásolhatják az épületek, építmények állapotát; nem beszélve a másodlagos hatásokról, mint az árvíz, a belvíz, a tovább terjedő erdőtűzek, az esetleges tömegmozgások jelenségei, melyek akár katasztrofális következményekkel is járhatnak.

Másodlagos hatásként jelentkezhet a fizikai infrastruktúrát érintő negatív hatások magasabb fenntartási költségeket eredményeznek, illetve eleve magasabb beruházási költséget tehetnek szükségessé.

A személy és teherforgalom akadályoztatásának társadalmi költségei közé tartozik pl. a termelési inputok késése, utazási idő meghosszabbodásával járó jóléti veszteség.

Baleseti kockázat változása (kockázat csökkenése a hideg szélsőségek csökkenése miatt, kockázat növekedése a szélsőséges időjárási események gyakoriságának és intenzitásának növekedése eredményeképpen) és az ebből következő változások a személyi sérülések és halálozások számában.

3.10.6 Kockázatelemzés

A sérülés, kár, veszteség, funkciók ellátásában bekövetkezett negatív változások és a negatív környezeti hatások lehetősége kockázatnak minősül. A kockázat a potenciális kár nagyságának és a kár bekövetkezési valószínűségének szorzata. A kockázatelemzés során figyelembe kell venni a projekt helyszínén keletkező közvetlen károkat, ugyanakkor ennél tovább kell menni, és vizsgálni kell ezek továbbgyűrűző társadalmi, gazdasági, környezeti hatásait is.

1. Következmények listájának felállítása

E. Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési):

- épület és egyéb infrastruktúrák megrongálódása:
 - épületek élettartamának rövidülése, öregedés felgyorsulása,
 - épület/létesítmény alap, térburkolat kimosódása,
 - gépészeti berendezések műszaki meghibásodása,
 - térburkolat deformálódása,
 - burkolt felületeken jelentkező fagykárak;

- telephelyen található burkolt felületeken keletkezett károk és egyéb infrastruktúrák megrongálódása:
 - útburkolat élettartamának rövidülése, öregedés felgyorsulása
 - útburkolat deformálódása, nyomvályúsodás
 - burkolt felületek alámosódása a szélsőséges csapadékviszonyok miatt.
 - útalap kimosódása, útpálya beszakadás
 - burkolt felületeken jelentkező fagykárok; kátyúk kialakulása
- a karbantartási feladatok növekedésével a munkagépek üvegházhatású gázainak nagyobb mértékű kibocsátása

BE. Biztonság és egészség:

- 1970 és 2000 között Dr. Páldy Anna és Dr. Bobvos János vizsgálták a hőmérséklet egészségre gyakorolt hatását; a hőhullámok és a halálozási arány összefüggését. Megállapították, hogy a 18 °C-os napi átlaghőmérséklet felett meredeken emelkedik a napi halálesszám. A hőmérséklet változékonysága az összhálózás esetében 7%-os kockázatnövekedést jelent, a szív- és érrendszeri halálozás kockázata pedig a nyári hónapokban 6%-kal nő. A többi meteorológiai elem ehhez képest jóval kisebb kockázati tényezőt jelent.
- A komolyabb betegséggel küzdő munkaerő jellemzően nem megterhelő fizikai munkát végez, így annak a valószínűsége, hogy a megvalósítási fázisban, a vizsgált kockázati tényezők kapcsán halálesettel járó rosszullet következik be, igen alacsony.
- Mivel hazánkban háromfokozatú hőségriasztási rendszer működik, illetve külön munkavédelmi előírások vonatkoznak hőségriadó esetére, így a rosszulletek bekövetkeztének kockázata sem haladja meg a közepes szintet.
- Amennyiben a létesítés idején betartják a munkavédelmi előírásokat, törvényi szabályozásokat, odafigyelnek az esetleges hőségriasztásokra, úgy a vizsgált kockázatok csak ritkán és mérsékelt módon jelentkezhetnek. Nagyobb a bekövetkezési valószínűsége az üzemelési fázisban, a közlekedők körében bekövetkező rosszulleteknek és az ebből bekövetkező baleseteknek.

K. Környezet:

- levegőszennyezés – normál üzemi körülmények között nem várható
- földtani közeg szennyeződése – normál üzemi körülmények között nem várható
- felszín alatti víztest szennyeződése – normál üzemi körülmények között nem várható
- felszíni víz szennyeződése – normál üzemi körülmények között nem várható
- élőhelyek zavarása – normál üzemi körülmények között nem várható
- művi elemekben bekövetkező károk – nem releváns

T. Társadalom:

- Jelen projekt vagy nincs hatással a társadalmi stabilitásra, vagy kisebb, helyi szintű társadalmi elégedetlenség alakulhat ki akkor a beruházási helyszín közelében, a megközelítési utak mentén a
- légszennyező anyagok koncentrációja, vagy a zajszint emelkedik.
- Munkahelyek megszűnés nem várható.
- Elvándorlás nem feltételezhető.

G. Gazdasági/pénzügyi:

- Nem rentábilis fenntartási költségszint kialakulása az épületkárosodás következtében.
- Additív fenntartási munkák:
- A károsodott épületek, burkolatok javítása.
- Zöldfelületek fenntartása.
- Kiegészítő infrastruktúrák javítási, karbantartási költségei.

H. Hírnév:

- A reputáció azon jellemvonások és szignálok összessége, amelyek előrevetítik a cég várható viselkedését egy bizonyos szituációban, esetünkben a klímaváltozás eredményeként bekövetkező eseményekre való alkalmazkodást jelenti. A hírnév tehát vagyónként értelmeződik, sőt, az általánosan elfogadott vélemény szerint, a legfőbb vagyontárgy, felülmúlja az összes többi vagyoni elem fontosságát.
- A klímaváltozás eredményeként bekövetkező incidensek, egyrészt jelentős anyagi károkat hagynak maguk után, másrésztől a vállalat jó hírnevén esett folt, az esetleges a hibás döntések napvilágra kerülése ügyfelévesztéshez, ezáltal további anyagi veszteséghez vezetnek.

2. Kockázatok értékelése a következmény és bekövetkezési valószínűség együttes meghatározásán keresztül

46. táblázat: Hatás/következmény nagyságrendjének megítélésére szolgáló kategóriák

	Hatás/következmény nagyságrendje				
	1 Jelentéktelen	2 Kicsi	3 Közepes	4 Nagy	5 Katasztrofális
Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési)	A hatás a normális üzemeneten belül kezelhető	A hatás üzletmenet-folytonosság menedzsmenten keresztül kezelhető	Egy komoly esemény, mely sürgősségi üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel	Egy kritikus esemény, mely kivételes üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel	Katasztrófa az eszköz/hálózat összeomlásához vezethet
Biztonság és egészség	Elsősegélynyújtást igényel	Kisebbségi sérülés, mely orvosi ellátást igényel, esetlegesen átmenetileg korlátozott munkaképességgel	Súlyos sérülés, mely a munka elvesztésével járhat	Komoly, illetve többszörös sérülés, maradandó sérülés vagy fogyatékosság	Egy vagy több haláleset
Környezet	Nincs hatással a környezet kiindulási állapotára. Lokalizált pont forrása, helyreállítás nem szükséges	Lokalizált hatás a projekt helyszínén/üzemen belül, Helyreállítás 1 hónapon belül lehetséges.	Mérsékelt károk esetleges szélesebb körű hatással. Helyreállítás 1 év.	Jelentős károk, helyi hatás. Helyreállítási idő 1 évnél hosszabb. A környezetvédelmi előírásoknak történő megfelelés sikertelen.	Jelentős károk kiterjedt hatással. Helyreállítási idő 1 évnél hosszabb. Teljes helyreállítás nem lehetséges.
Társadalom	Nincs társadalmi hatás.	Helyi, átmeneti társadalmi hatások	Helyi, hosszú távú társadalmi hatás	Szegény és sérülékeny társadalmi csoportok megvédése sikertelen. Országos szintű hosszútávú társadalmi hatás.	Társadalmi elégedetlenség.
Gazdasági/pénzügyi	x % IRR <2% Bevétel	x % IRR 2 - 10% Bevétel	x % IRR 10 - 25% Bevétel	x % IRR 25 - 50% Bevétel	x % IRR >50% Bevétel
Hírnév	Lokális, átmeneti hatás	Lokális, rövidtávú hatás	Lokális, hosszú távú hatás, médiában megjelenik	Országos, rövid távú hatás, negatív országos média hírek	Országos, hosszú távú hatás, potenciálisan kihat a

	Hatás/következmény nagyságrendje				
	1 Jelentéktelen	2 Kicsi	3 Közepes	4 Nagy	5 Katasztrofális
					kormány stabilitására

47. táblázat: A valószínűségek értékelésének szempontjai

1 Ritka	2 Nem valószínű	3 Közepes valószínűség	4 Valószínű	5 Majdnem bizonyos
5% esély évente	20% esély évente	50% esély évente	80% esély évente	95% esély évente

48. táblázat: A valószínűségek és következmény nagyságrendjének értékelése

	Jel	Következmények	Hatás/következmény értékelése	Valószínűség	Súlyosság	
Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési)	E1	épületek, burkolatok élettartamának rövidülése, öregedés felgyorsulása	A rendszeres felújítások mellett is az épületek, utak szerkezete károsodik, tájesztétikai szempontból az állapota romlik. Az utak károsodása balesetekhez vezethet, téli időszakban a síkosságmentesítés ellenére a károsodott burkolatok kockázat mértéke nő. A parkoló területén az útburkolati hibák következtében előálló balesetek olajszennyezhez vezet.	Valószínű	Kicsi	A hatás üzletmenet-folytonosság menedzsmenten keresztül kezelhető
	E2	térburkolat deformálódása		Valószínű	Kicsi	
	E3	burkolt felületeken jelentkező fagykarak; kátyúk kialakulása		Valószínű	Kicsi	
	E4	burkolt felületek alámosódása a szélsőséges csapadékvízviszonyok miatt	A létesítmények alapjának károsodása a létesítmények megdőléséhez, extrém esetben kidőléshez, balesetekhez vezet.	Nem valószínű	Kicsi	Egy komoly esemény, mely sürgősségi üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel
	E5	épületek alapjának vagy a létesítmény alapok kimosódása, kidőlés		Közepes valószínűség	Közepes	
	E6	gépészeti berendezések műszaki meghibásodása	A berendezések üzemeléséhez szükséges folyadékok (olaj, hűtőfolyadék) szétterülése talajszennyezést eredményez. Hirtelen bekövetkező műszaki problémák robbanáshoz vezethetnek.	Közepes valószínűség	Közepes	
	E7	a karbantartási feladatok növekedésével a munkagépek üvegházhatású gázainak nagyobb mértékű kibocsátása	A megnövekedő karbantartási igény megnövekedett gépkocsiforgalomhoz vezet, amely az üvegházhatású gázok kibocsátásának a növekedését eredményezi.	Nem valószínű	Jelentéktelen	
	E8	berendezések kihasználtsága romlik	A berendezések kihasználatlansága miatt állagromlás, karbantartási költségek nőnek.	Nem valószínű	Közepes	Egy komoly esemény, mely sürgősségi üzletmenet-folytonossági intézkedéseket igényel

	Jel	Következmények	Hatás/következmény értékelése	Valószínűség	Súlyosság	
Biztonság és egészség	BE1	gépészeti berendezések meghibásodásából eredő balesetek	A nehéz fizikai munka, nagy koncentrációt igénylő munka, munkafolyamatok vagy munkavégzés szervezési hiányosságából adódó pszichés terhelés miatt bekövetkező egészségkárosodás esélye nagy.	Közepes valószínűség	Közepes	Súlyos sérülés, mely a munka elvesztésével járhat
	BE2	szállító járművek meghibásodásából eredő balesetek		Közepes valószínűség	Nagy	Komoly, illetve többszörösen sérült, maradandó sérülés vagy fogyatékosság
	BE3	szabadban történő munkavégzés során bekövetkező egészségkárosodás	A hőmérséklet változékonysága az összhalálozás esetében 7%-os kockázatnövekedést jelent, a szív- és érrendszeri halálozás kockázata pedig a nyári hónapokban 6%-kal nő	Nem valószínű	Nagy	
	BE4	extrém időjárás miatt bekövetkező halálozás		Ritka	Nagy	
Környezet	K1	levegőszennyezés	A megközelítési utak környezetében a légszennyezettségi állapot romolhat. A számításaink szerint a hatás nem jelentős.	Valószínű	Kicsi	Lokalizált hatás a projekt helyszínén/üzemen belül.
	K2	földtani közeg szennyeződése	Normál üzemi körülmények között nem várható.	Ritka	Kicsi	
	K3	felszín alatti víztest szennyeződése, vízkészlet csökkenése	A felszín alatti víztest elhelyezkedése miatt nem várható szennyezés ill. a burkolt felületek megakadályozzák a beszivárgást. A vízkészlet csökkenése hosszú távon mutatható csak ki, a teljes vízmennyiséget visszasajtolják.	Ritka	Kicsi	
	K4	felszíni víztest szennyeződése	A parkolóban, rakodási területen bekövetkező esetleges baleset nem okozhatja a felszíni vízfolyás szennyeződését.	Ritka	Kicsi	
	K5	élővilág	A természetvédelmi szempontból nem jelentős területen kialakítandó létesítmények egyik legáltalánosabb káros hatása a természeti környezetre az élőhelyek zavarása.	Ritka	Jelentéktelen	Nincs hatással a környezet kiindulási állapotára. Lokalizált pont forrása, helyreállítás nem szükséges
	K6	Művi elemekben bekövetkező károk.	A tervezett erőmű tönkremenetele a környező művi elemek rongálódását eredményezi.	Ritka	Nagy	Jelentős károk, helyi hatás. Helyreállítási idő 1 évnél hosszabb. A környezetvédelmi előírásoknak történő megfelelés sikertelen.
Társadalom	T1	társadalmi elégedetlenség	A zajterhelés nő.	Ritka	Kicsi	Helyi, átmeneti társadalmi hatások
	T2	munkahely megszűnés		Ritka	Kicsi	

	Jel	Következmények	Hatás/következmény értékelése	Valószínűség	Súlyosság	
	T3	elvándorlás	Zavaró hatás miatt a környező lakóövezetből elköltöznek.	Ritka	Kicsi	
Gazdasági/pénzügyi	G1	termelékenység hatékonyságának csökkenése	A klímaváltozás eredményeként nem valószínűsíthető változás.	Ritka	Jelentéktelen	x % IRR <2% Bevétel
	G2	veszteséges működtetés		Ritka	Katasztrofális	
Hírnév	H1	Piaci pozíció romlás	Piaci részesedés csökkenése.	Ritka	Katasztrofális	Lokális, átmeneti hatás

3. Kockázati mátrix kitöltése

A kockázatelemzés a következmények és azok bekövetkezési gyakoriságán alapszik, ahol meg kell határozni a kockázat mértékét és előfordulásának gyakoriságát.

49. táblázat: Mátrix értékelés szempontjai, az értékelés eredményeit láthatóvá tevő színek magyarázata

Valószínűség	Következmény/hatás				
	Katasztrofális	Jelentős	Mérsékelt	Kicsi	Jelentéktelen
Majdnem bizonyos					
Valószínű					
Lehetséges					
Nem valószínű					
Ritka					

50. táblázat: Kockázati érték és kockázat mértékének meghatározása

	Jel	Következmények	Valószínűségi érték	Súlyossági érték	Kockázati érték	Kockázat mértéke
Eszközökben keletkezett kár (műszaki, üzemeltetési)	E1	épületek, burkolatok élettartamának rövidülése, öregedés felgyorsulása	4	2	8	Magas
	E2	térburkolat deformálódása	4	2	8	Magas
	E3	burkolt felületeken jelentkező fagykarak; kátyúk kialakulása	4	2	8	Magas
	E4	burkolt felületek alámosódása a szélsőséges csapadékviszonyok miatt	2	2	4	Közepes
	E5	épületek alapjának vagy a létesítmény alapok kimosódása, kidőlés	3	3	9	Magas
	E6	gépészeti berendezések műszaki meghibásodása	3	2	6	Közepes
	E7	a karbantartási feladatok növekedésével a munkagépek üvegházhatású gázainak nagyobb mértékű kibocsátása	2	1	2	Alacsony
	E8	berendezések kihasználtsága romlik	2	3	6	Közepes
Biztonság	BE1	gépészeti berendezések meghibásodásából eredő balesetek	3	3	9	Magas

	Jel	Következmények	Valószínűségi érték	Súlyossági érték	Kockázati érték	Kockázat mértéke
	BE2	szállító járművek meghibásodásából eredő balesetek	3	4	12	Magas
	BE3	szabadban történő munkavégzés során bekövetkező egészségkárosodás	2	4	8	Magas
	BE4	extrém időjárás miatt bekövetkező halálozás	1	4	4	Közepes
Környezet	K1	levegőszennyezés	4	2	8	Magas
	K2	földtani közeg szennyeződése	1	2	2	Alacsony
	K3	felszín alatti víztest szennyeződése, vízkészlet csökkenése	2	3	6	Közepes
	K4	felszíni víztest szennyeződése	1	2	2	Alacsony
	K5	élővilág	1	1	1	Nincs
	K6	Művi elemekben bekövetkező károk.	1	4	4	Közepes
Társadalom	T1	társadalmi elégedetlenség	1	2	2	Alacsony
	T2	munkahely megszűnés	1	2	2	Alacsony
	T3	elvándorlás	1	2	2	Alacsony
Gazdasági	G1	termelékenység hatékonyságának csökkenése	1	1	1	Nincs
	G2	veszteséges működtetés	1	5	5	Közepes
Hírn	H1	Piaci pozíció romlás	1	5	5	Közepes

A következő táblázat foglalja össze a lehetséges következmények elemzési eredmények alapján történő kockázati mátrixba való besorolását.

51. táblázat: Kockázatok kategorizálására szolgáló mátrix

Valószínűség	Következmény/hatás				
	Katasztrofális	Jelentős	Mérsékelt	Kicsi	Jelentéktelen
Majdnem bizonyos					
Valószínű				E1, E2, E3, K1	E4
Lehetséges		BE2	E5, BE1		
Nem valószínű		BE3	E6, E8, K3		E7
Ritka	G2, H1	BE4, K6		K2, K4, T1, T2, T3	K5, G1

3.10.7 Adaptációs intézkedések

3.10.7.1 Lehetséges adaptációs intézkedések azonosítása és előzetes szűrése

Az utóbbi években a mitigáció (a klímaváltozást okozó tevékenységek korlátozása) mellett egyre fontosabb szerepet kap az adaptáció (klímaváltozáshoz való alkalmazkodás) is.

Miután megvizsgáltuk, hogy egy adott projekt, objektum, élőhely, élőlénycsoport stb., mennyire érzékeny, sérülékeny egy adott kockázati tényezőre nézve, meg kell vizsgálnunk azt is, hogy milyen mértékben képesek alkalmazkodni a változásokhoz. Ezzel tulajdonképpen az adaptációs képességüket becsüljük. Ez a klímakockázati elemzés egyik utolsó, ugyanakkor egyik legfontosabb, ám legtöbb bizonytalanságot hordozó lépése is. A bizonytalanság abból fakad, hogy az érintett rendszerek alkalmazkodóképessége sok különböző, és még eddig nem vizsgált tényezőtől függhet; eltérő mértékű lehet. A fontossága ennek a lépésnek pedig abban rejlik, hogy tulajdonképpen itt történik meg a lehetséges adaptációs intézkedések keresése, az érintett rendszerekben bekövetkező változások emberi társadalomra gyakorolt negatív hatásainak a mérséklésére való törekvés.

Az egyes beruházási elemek esetében a beruházás kölcsönhatása annak fizikai környezetével rendkívül fontos tényező lehet adaptációs szempontból.

Adaptációs eszköztár:

1. Fizikai beruházás:
 - Természetközeli megoldások, zöld és kék infrastruktúra
 - Szürke infrastruktúra (pl. árvízvédelmi infrastruktúra)
 - Gépészeti és egyéb technikai, műszaki megoldások
 - Jelzőrendszerek kiépítése
 - Egyéb fizikai beruházás
2. Szervezeti/szervezési intézkedések:
 - Szervezetépítés és szervezetfejlesztés
 - Közösségi szervezés, közösségfejlesztés
 - Életmód, viselkedési és magatartásminták
3. Szabályozási eszközök (földhasználat szabályozása, építési előírások, ingatlanregisztráció, szabványok stb.)
4. Gazdasági eszközök (adók, támogatások stb.)
5. Információs eszközök, ismeretterjesztés, kapacitásépítés
6. Érdekképviselés, kooperáció és partnerség
7. Stratégiai eszközök (tervek, mint pl. vészhelyzeti készülségi tervek és várostervezés, szakpolitikák, programok, stratégiák, technológiai változások ösztönzését szolgáló stratégiai eszközök stb.)
8. A kockázat szétterítését célzó intézkedések (biztosítás, kockázatközösség)

Az adaptációs megoldások kidolgozása során fontos az is, hogy az egyes megoldások kivitelezése milyen földrajzi szinten lehetséges, és hogy egy adott beruházási projektnek ebből kifolyólag milyen földrajzi térségre van hatása. Egy teljes körzetet felölelő komplex beruházás során sokkal több adaptációs megoldás áll a beruházó rendelkezésére, mint egy épület/egyetlen infrastruktúra elemet felölelő beruházás esetében.

Az adaptációs megoldások alapvetően három beavatkozási ponton hatnak:

- a káresemény bekövetkezési valószínűségének befolyásolása
- az okozott kár nagyságának befolyásolása
- az okozott kárra való sérülékenység befolyásolása

A három beavatkozási pont egyben egyfajta hierarchiát is tükröz. A Koppenhágai Adaptációs Terv ennek megfelelően a káresemények bekövetkezésének megelőzését (ez a valószínűség nullára csökkentésével egyenértékű) tűzi ki célul első körben. Amennyiben a káresemény bekövetkezésének valószínűségét nem lehet megszüntetni technikai vagy gazdasági okoknál fogva, úgy a bekövetkezett kár csökkentése a következő cél. Végül amennyiben ez sem lehetséges teljes mértékben, úgy a kár helyrehozását kell megkönnyíteni.

Az eszközök és infrastruktúrák klímabiztossá tétele során számos szempont van, amelyet figyelembe kell venni, hogy az egyes új infrastruktúrák vagy egyéb fizikai beruházások egyéb, a beruházási helyszínen, illetve annak közelében lévő meglévő infrastruktúrákkal és eszközökkel kölcsönhatásba kerülnek. Az adaptációs megoldások kiválasztása során szükséges figyelembe venni, hogy azok a megoldások hogyan hatnak a beruházás környezetében található fizikai környezetre.

52. táblázat: Az éghajlatváltozás hatásait csökkentő potenciális beruházási intézkedések

Klímahatás	Épületszintű intézkedések	Körzeti szintű intézkedések	Térségi / vízgyűjtő területi szintű intézkedések
Városi hősziget	Épületek szigetelése Mechanikai hűtés Hőtárolás Napvédelem (árnyékolás, tájolás, épületforma)	Hűsítő vagy hővisszaverő anyagok a tetőkön és homlokzatokon Hűvös útburkoló anyagok Fokozott szellőzés a tájolás és a városmorfológia kihasználásával	Fokozott párologtatási hűtés Zöld infrastruktúra Nyílt víztestek Talajvízhűtés víztartó rétegekkel vagy felszíni víz hűtése
Vízi erőforrások és vízgazdálkodás	Vízgazdaságos szerelvények és berendezések Esővízgyűjtés és -tárolás Szűrkevíz-újrahasznosítás Vízvisszanyerés és -újrafelhasználás Esővédelem és ereszek	Víztározók magasan és alacsonyan fekvő területeken Külön vízelvezető rendszerek az esővíznek és a szennyvíznek Fenntartható vízelvezető rendszerek Vízvisszanyerés és -újrafelhasználás Alacsonyan fekvő vízzáró rétegek vízének használata fák és zöldterületek öntözésére	A szennyvíz kreatív felhasználása Pontszerű szennyezésforrások kezelése Vízkinyerés szabályozása és engedélyhez kötése Csapadékvíz-túlfolyás kezelése Vízhatékonysági szabványok
Talajerózió és talajcsuszamlások	Alapozás feltöltése, mélyebb és erősebb alapozások Megtámasztás Vegetáció-gazdálkodás Nedvességszabályozó rendszerek vagy talaj-rehidratálás	Felszíni erózióvédelmi szerkezetek Jobban vízmentesített tartófalak	Földhasználat felügyelete Lejtők megerősítése Lejtők lejtési szögének megváltoztatása Növénytelepítés az erózió mérséklésére

Az éghajlatváltozás hatásait megcélzó beruházási intézkedések közül esetünkben potenciális intézkedések:

- Napvédelem (árnyékolás, tájolás, épületforma)
- Esővédelem és ereszek
- Vízgazdaságos szerelvények és berendezések
- Csapadékvíz-túlfolyás kezelése
- Alapozás feltöltése, mélyebb és erősebb alapozások, megtámasztás
- Vegetáció-gazdálkodás

3.10.7.2 Alkalmazható adaptációs intézkedések

Az adaptációs intézkedések projektbe történő integrálása során a potenciális intézkedések meghatározását követően döntést kell hozni arról, hogy a projekt tervében és üzemeltetésében, menedzsmentjében milyen változtatások szükségesek.

Ennek megfelelően az adaptációs intézkedéseket integrálni kell a projektterv és a beszerzési és építési fázisokba.

A következőkben bemutatjuk azokat az adaptációs intézkedéseket, mellyel a projekt klímabiztosabbá tehető, melyek a klímakockázati tényezőket jelentősen mérséklik.

Tervezés, projektelőkészítés

- Megfelelő tervezés, amely alkalmazkodik a tervezett tevékenységekhez, igazodik a környezethez és az adottságokhoz, valamint alkalmazkodik az emberi tényezőkhöz.
- A fejlesztés által érintett ingatlanokon tervezett beruházás összhangban van a településrendezési tervvel.
- A tervezett létesítmények kialakítása során figyelembe veszik a domborzati és vízrajzi adottságokat.
- Az aktuális műszaki előírásokat vették figyelembe a tervezés során a megválasztott építőanyagok tekintetében.

- Az épületekben energiatakarékos világítási rendszer kerül kialakításra.
- A tervezett telephelyen olyan kialakításra törekednek, amely során a lehető legrövidebb belső szállítási távolságok kerültek megtervezésre, ezáltal a tervezett létesítmény energia felhasználása a leghatékonyabb módon történik.
- A belső anyagmozgatást végző berendezések egy része elektromos üzemű, illetve kézi hidraulikus emelőket is alkalmaznak.
- A telephely vízellátását biztosító rendszert az üzemeltetési szabályzat szerint rendszeresen ellenőrzik. A telephely vízfogyasztását folyamatosan, mérőműszerrel nyomon követik, és a mért adatokat feljegyzik. A telephely vízellátó rendszere megfelelő, elfolyásokat megakadályozása érdekében a rendszerben biztonsági elzárókat (szelepeket) alakítanak ki.
- Az üzemelés idején keletkező hulladékokat megfelelő engedéllyel rendelkező szervezetnek adják át ártalmatlanítás céljából.
- A tevékenység során a környezetszennyezés/károsítás lehetőségét is ki kell zárni. A tevékenység során keletkező veszélyes hulladékok gyűjtését, kezelését a hatályos jogszabályok szerint kell végezni.

Növekvő UV sugárzás elleni védekezés

- Az ultraibolya sugárzás növekedésével beépített anyagok gyorsabban öregsznek, ridegebbek lesz. Emiatt a keletkező feszültségeket kevésbé tudja felvenni, és megreped. Ennek kezeléséhez az épület környezetében létesítendő növényzet is hozzájárulhat, amennyiben elhelyezhető úgy, hogy az épület árnyékolásához hozzá tud járulni.
- Az ultraibolya sugárzásnak ellenálló építőanyagok kerülnek beépítésre.

Hőmérséklet emelkedés elleni védekezés

A hőmérséklet emelkedése a burkolatok deformáció-hajlamának növekedését eredményezi. A magas hőmérséklet elleni védekezést szolgálja a növénytelepítés, parkosítás.

Vízgazdálkodással kapcsolatos intézkedések

- A talajban és a felszínen megnövekedett víztartalom csökkenti a térburkolatok teherbírását, a gyorsan mozgó víz pedig az burkolatok és épületalapok kimosását és tönkremenetelét eredményezheti. A fagyponthoz közeli hőmérséklet és a változó halmazállapotú csapadékok is kedvezőtlenül érintik a burkolatok állagát: a repedésekbe szivárgó nedvesség felpúposodást okoz. Ezen hatások ellen a megfelelő vízelvezetéssel védekeznek a beruházás során. A megfelelő vízgazdálkodási infrastruktúra segítségével kell megoldani a víz hatékony távoltartását és elvezetését a létesítménytől.
- Az előírásoknak megfelelő csapadékvíz elvezető eresztrendszer létesül.
- Biztosításra kerül a burkolt felületekről lefolyó csapadékvizek összegyűjtése és elvezetése. A tervezett beruházás által érintett területen a csapadékvíz elvezető csatornák, műtárgyak rendszeres karbantartása javasolt.
- A csapadékvíz elvezetés alapvető koncepciója, hogy a meglévő lefolyási viszonyokat nem változtatják meg, hogy a környező területek vízjárását a tervezett telep káros mértékben ne befolyásolja.

Biztonsági intézkedések

- A telephely üzemelése során fontos figyelembe venni az üzembiztonsági szempontokat. A magas szintű üzembiztonság és üzemeltetési biztonság biztosítása érdekében a létesítmény biztonsági szempontból

figyelmet érdemlő részein védőrendszereket szükséges felszerelni. Ezeknek a rendszereknek a célja a telephely környezetére potenciálisan negatív kihatással járó üzemzavarok és balesetek megakadályozása, amennyiben ez lehetséges, illetve az üzemzavarok és balesetek ilyen hatásainak mérséklése.

- A gépészeti berendezéseket olyan műszaki állapotban kell tartani, mellyel kizárható a környezetszennyezés (túlzott zaj, olajfolyás stb.).
- Az üzemelés és a karbantartások során keletkező hulladékokat megfelelő engedéllyel rendelkező szervezetnek adják át ártalmatlanítás céljából.

4 A TEVÉKENYÉG MEGVALÓSÍTÁSÁNAK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI

4.1 TELEPÍTÉS HATÓTÉNYEZŐI ÉS HATÁSFOLYAMATAI

4.1.1 Levegőtisztaság-védelem

A tervezett új geotermikus erőmű telepítését a meglévő erőmű melletti területen tervezik. Az új létesítmény kialakítása várhatóan mintegy 1 évet fog igénybe venni, a következő telepítési fázisokkal:

1. munkaterület kialakítása: földmunkák, tereprendezés (időigénye mintegy 1–2 hónap);
2. erőmű alapozás: alapozás és vasbeton szerkezet készítése (időigénye mintegy 2 hónap);
3. erőmű építés és felszíni létesítmények kialakítása: szerkezetépítés és szerelés (időigénye mintegy 6 hónap);
4. villamos szerelési munkák, csatlakoztatás (időigénye mintegy 3 hónap);
5. csővezeték fektetés: új visszasajtoló vezeték tartóelemeinek kialakítása és a csővezeték szerelése (időigénye mintegy 1 hónap).

A felsorolt résztevékenységek részben párhuzamosan (átfedéssel) is tudnak folyni, így jön ki összességében a mintegy 1 év átfutási idő.

A létesítési fázis fontosabb levegőterhelő vonatkozásai a következő hatótényezők köré csoportosulnak:

- a telephelyre irányuló személy- és teherforgalom légszennyezőanyag-kibocsátásai;
- a földmunkákból, anyagmanipulációból eredő kiporzás;
- a létesítéskor alkalmazott dízel-üzemű munkagépek kibocsátásai.

A következő alfejezetekben ezeket tekintjük részletesen át.

4.1.1.1 A telephelyre irányuló személyforgalom kibocsátásai

Az erőmű építésén dolgozók személygépjárművel érkeznek a munkaterületre. Az építési tevékenység jellemzően egy műszakban zajlik, így telephelyre irányuló személyforgalom zöme a munkakezdéshez és a munka befejezéséhez igazodik. A telephelyre irányuló forgalom ezekben az időszakokban várhatóan 6–8 személygépjármű forgalmát jelenti. A műszakváltásokon kívül legfeljebb óránként néhány (1–2) személygépjármű forgalmával kell számolni. Ezek üzemeltetése során CO, HC, NO_x, SO₂ és korom kibocsátásával kell számolnunk.

A személygépjármű forgalom csekély mértéke miatt az abból adódó emissziók számszerűsítésétől eltekintünk.

4.1.1.2 Munkagépek, szállítójárművek légszennyezőanyag-emissziója

A tervező adatszolgáltatása szerint az új erőmű és a kapcsolódó visszasajtoló vezeték teljes kivitelezése során jelentkező szállítási feladatok teljesítéséhez kapcsolódóan mintegy 80–100 db 40 tonnás tehergépjármű beérkezése várható. Az ismertetett szállítási feladatokhoz alkalmazott szállítójárművek kivétel nélkül diesel üzemű gépjárművek, melyek üzemeltetése során CO, HC, NO_x, SO₂ és korom kibocsátásával kell számolnunk. A forgalom mértéke egy éves időszakra egyenletesen elosztva annyira kicsi óraforgalmat jelentene, amellyel érdemben nem indokolt foglalkozni, ugyanakkor feltételezhető az, hogy a szállítási forgalom döntő része a létesítési fázis első időszakára koncentrálódik. Az első időszakot a létesítés első két hónapjaként tekintve, a napi forgalomra mintegy napi 2,4 tehergépjármű forgalma adódik, tehát durván kétóránként egy 40 tonnás szerelvény elhaladásával lehet számolni (0,6 elhaladás óránként).

Az új erőmű létesítése során azonosított munkafázisok közül a munkaterület kialakítása és a vezeték fektetés azok a munkafázisok, amelyek gépigénye a legnagyobb. Tervező adatszolgáltatása szerint a munkagép-igényes létesítési fázisokban egyidejűleg 4 db (dózer, forgó-kotró, dömpér, ill. teherautó) dízel-üzemű berendezés üzemeltetésével kell számolni.

A munkagépek dízel üzemű motorjainak kibocsátásait az Euro VI dízelmotorok kibocsátási határértékei alapján (a tényleges kibocsátást a határérték 60%-át alapul véve) számítottuk [11]. A dízelmotorok CO₂-kibocsátását az SZTFH által közzétett kalkulátor fajlagos értékeivel kalkuláltuk [12].

A berendezések teljesítményét az alábbiak szerint vettük figyelembe:

- Komatsu forgó-kotró: 123 kW (a PC170LCi-11 típusra közzétett érték);
- Komatsu dózer: 125 kW (a D61EXi-24 típusra közzétett érték);
- MAN dömpér: 243 kW (a TGS1556-330 típusra közzétett érték);
- MAN teherautó: 213 kW (a TGM D0836-213 típusra közzétett érték).

A telephelyi létesítési munkák során jelentkező emissziókra mindezek alapján kapott értékeket a következő táblázatban ismertetjük. Megjegyezzük, hogy a biztonság javára történő közelítést alkalmazva a jelen legintenzívebb kibocsátásokkal járó, kb. 2 hónap időigényű munkafázis emisszióit azok számítását követően – tájékoztató céllal – felszoroztuk a létesítési fázis teljes egyéves időhosszára is. Ezzel az volt a célunk, hogy a későbbiekben (az emisszió terjedésének számítása során) az éves határértéknek való megfelelés is vizsgálhatóvá legyen a lehető legrosszabb esetet számítva.

53. táblázat: Dízel-üzemű munkagépek és szállítójárművek kibocsátás számításai eredményei

Levegőterhelő tevékenység	Dízelmotoros munkagépek, szállítójárművek üze				
	CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
Fajlagos kibocsátás (g/kWh)	0,9	0,08	0,24	0,006	290
Munkagépek emissziója (kg/h)					
Komatsu forgó-kotró	0,1107	0,00559	0,02952	0,00074	35,67
Komatsu dózer	0,1125	0,00975	0,03000	0,00075	36,36
MAN dömpér	0,2187	0,01895	0,05832	0,00146	70,65
MAN teherautó	0,1917	0,01661	0,05112	0,00128	61,66
Földmunkák összes emissziója (kg) 2 hónapos időszakban	211,6	18,3	56,4	1,4	68 363,9
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	947,8	82,1	252,8	6,3	306 083,4

4.1.1.3 Földmunkák, anyagmanipuláció kiporzása – erőművi telephely

Az erőmű létesítési fázisának első szakaszában elvégzik a munkaterület kialakítását, az ezzel kapcsolatos földmunkákat, tereprendezést. Hasonló, de kisebb volumenű földmunkákat a mintegy 1 km hosszban létesítendő új felszín feletti visszasajtoló vezeték tartóelemeinek kialakítása, telepítése során is végeznek. A teljes kivitelezést tekintve ezek a létesítési tevékenység földmunkák szempontjából legintenzívebb szakaszai.

A földmunkák során talaj illetőleg földtani közeg letermelése, manipulációja, valamint elhelyezése válik szükségessé, és levegőtisztaság-védelmi szempontból egyrészt ezek kiporzása a földmunkák lényeges vonatkozása. Másrészt, a burkolattal el nem látott utakon való közlekedés során jelentkező kiporzással is számolni kell egy ilyen munkaterület levegőminőségre gyakorolt hatásainak vizsgálata során. A következőkben ezeket számszerűsítjük.

A létesítési fázisban ismertetett munkafázisokhoz hasonló kiporzás igen nagy volumenben jelentkezik a külszíni bányászati tevékenység során. Ezért a bányászati tevékenység egyes fázisainak porterhelésére vonatkozó, a nemzetközi szakirodalomban elérhető vizsgálatok, illetve számítások közvetlenül alkalmazhatók a létesítési fázis kiporzásának számítására. E helyütt a különböző tevékenységek kiporzását fajlagos emissziós faktorok alapján számítottuk, melyek forrása alapvetően két, az US EPA által kidolgozott fajlagos kibocsátási értékeket összegző dokumentum [13], [15].

A létesítés során jelentkező talaj kitermelés poremissziója

A talajfelszín megbontása, illetve a szükséges mértékű talajkitermelés kotrógéppel történik, így annak kibocsátásai a bányászati tevékenységre megadott, fedőréteg letermeléséhez porkibocsátáshoz hasonlíthatók. A létesítési fázis talaj kitermelésekor ezen megfontolások alapján, 11 700 m² területen átlagosan 0,5 m mélységig történő, 2,5% iszaptartalmú és 7% nedvességtartalmú talaj kitermelésével számolva számszerűsített kibocsátásait a következő táblázat mutatja. Itt is feltüntettük az éves időszakra felszorozott emisszió értékét.

54. táblázat: Erőmű létesítés – talajkitermelési munkák szilárd anyag emisszióinak számítása

Levegőterhelő tevékenység (erőművi telephely)	Talajfelszín megbontás, talajkitermelés szilárd anyag emissziója		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Fajlagos emissziós faktor EF [kg/h]	0,6221	0,0875	0,0653
Üzemidő [óra/talaj kitermeléssel érintett munkafázis]	334		
Földmunkák összes emissziója (kg) 2 hónapos időszakban	207,78	29,225	21,810
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	1246,7	175,35	130,86

Tereprendezés, aljzattükrök kialakítás földmunkáinak poremissziója

A munkafázis kibocsátásait a bányászat fejtési ill. elsődleges törési folyamatokból származó porkibocsátáshoz hasonlítva adjuk meg abból kiindulva, hogy e munkafázisban már a korábbi munkafázisban nagyrészt kialakított terület igazítását, finomítását végzik el. Feltételeztük ezért, hogy e munkafázisban a manipulált anyag mennyisége lényegesen kisebb, a számításához óránként 0,5 tonna értéket adtunk meg.

55. táblázat: Erőmű létesítés – tereprendezés, aljzattükrök kialakítás földmunkái szilárd anyag emisszióinak számítása

Levegőterhelés tevékenység (erőművi telephely)	Tereprendezés, aljzattükrök kialakítás		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Fajlagos emissziós faktor EF [kg/t]	0,0027	0,0012	0,0006
Manipulált anyag mennyisége [tonna/munkaóra]	0,5		
Emisszió [kg/h]	0,00135	0,0006	0,0003
Tereprendezés összes emissziója (kg) 2 hónapos időszakban	0,451	0,200	0,100
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	2,71	1,20	0,60

A kitermelt talaj terítéséből, depózásából származó porterhelés számítása

A letermelt talaj ill. földtani közeg depóba halmozásából további kismértékű kiporzás várható. Az anyag manipulációhoz, rakodáshoz az ismertett technológiai elemeknél kapcsolható emissziókat leíró fajlagos emissziós faktort (dimenziója: kg/t) a következők szerint képeztük:

$$EF = k \cdot 0,0016 \cdot \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

ahol U az átlagos szélesség (esetünkben a kistájra jellemző adatok alapján 3 m/s értéken vettük fel), M a terített anyag nedvességtartalma (5% értéken vettük fel), k pedig a részecskeméret szorzója (TPM esetén értéke 0,74; PM₁₀ esetén 0,35; PM_{2,5} esetén pedig 0,053). A kapott emissziós faktort az éves rakodott mennyiséggel szorozva kapható meg a kérdéses technológiai elemből adódó teljes éves kiporzás.

56. táblázat: Erőmű létesítés – rakodási munkák során jelentkező kiporzás számítása

Levegőterhelés tevékenység (erőművi telephely)	Rakodás szilárd anyag emissziója		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Fajlagos emissziós faktor, EF [kg/t]	3,07E-4	1,45E-4	2,20E-5
Teljes manipulált mennyiség [t/óra]	29,8		
Emisszió [kg/h]	0,00913	0,00432	0,00065
Tereprendezés összes emissziója (kg) 2 hónapos időszakban	3,050	1,443	0,218
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	18,30	8,657	1,311

Burkolatlan utakon való közlekedés porterhelése

A burkolatlan utakon való szállítási tevékenység porkibocsátásának becslésére alkalmazott összefüggés:

$$E_x[kg] = VKT \cdot EF_x \cdot ADJ \cdot \left(\frac{1 - CE}{100} \right)$$

ahol E_x az x-edik szennyezőanyag emissziója, VKT a szállítás során megtett út km-ben, EF_x a szennyezőanyagra jellemző emissziós faktor, ADJ a csapadékos, hótakarós és fagyott napok miatti korrekciós tényező (éghajlati adatok alapján számítjuk), CE pedig az alkalmazott porkibocsátást megelőző intézkedés hatásfokát jellemző korrekciós tényező (táblázatból kapott érték). Az adott járműkategóriára jellemző emissziós faktor számítása a következők szerint történik:

$$EF_x[kg/VKT] = k \cdot \left(\frac{s}{12} \right)^a \cdot \left(\frac{W}{2,72} \right)^b$$

ahol s az útfelszín anyagának agyagtartalma, W az átlagos szerelvény súly tonnában, k , a és b pedig a szennyezőanyag fajtájától függő konstansok. A számítás további elemei és a konstansok értékei a honlapon archivált útmutatóban megtekinthetők (<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/national-pollutant-release-inventory/report/sector-specific-tools-calculate-emissions/road-dust-unpaved-surfaces-guide.html>).

Jelen dokumentáció készítése során az átlagos szállítási úthosszot a telephelyi területen 0,20 km értéken vettük fel, napi 2,4 forduló (4,8 elhaladás) szállítási forgalommal számolva. Ez összesen a földmunka időtartamára 40,08 km VKT értéket ad, egy teljes évre felszorozva pedig 240 km összes úthosszot.

57. táblázat: Erőmű létesítés - belső burkolatlan úton való közlekedés kiporzásának számítása

Levegőterhelő tevékenység (erőművi telephely)	Belső szállítás kiporzása burkolatlan úton		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Fajlagos kibocsátás [kg/VKT]	1,336	0,299	0,030
Kiporzás átlagos mértéke [kg/h]	0,00346	0,00078	0,00008
Belső közlekedés összes emissziója (kg) 2 hónapos időszakban	0,145	0,032	0,003
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	0,866	0,194	0,019

4.1.1.4 Földmunkák, anyagmanipuláció kiporzása – vezeték fektetés

Az előző fejezetben bemutatott számításokat egy az egyben elvégeztük a vezeték fektetés során jelentkező emissziók számszerűsítésére is. Az alábbiakban ezek eredményeit közöljük.

A létesítés során jelentkező talaj kitermelés poremissziója

Az új visszajutató vezeték fektetését megelőzően a tervek szerint mintegy 110 db tartóelem telepítését kell végrehajtani, a tervező által átadott térképi anyagok szerint darabonként mintegy 0,5 m alapterülettel. A vezeték fektetéshez kapcsolódó talaj kitermelésekor ezért 55 m² területen átlagosan 1,0 m mélységig történő, átlagosan

1,0% agyagtartalmú és 7% nedvességtartalmú (összesen 55 m³ térfogatú) talaj kitermelésével számoltunk. A kapott emisszió értékeket a következő táblázat mutatja.

58. táblázat: Vezeték fektetés – talajkitermelési munkák szilárd anyag emisszióinak számítása

Levegőterhelő tevékenység (visszasajtoló vezeték)	Talajfelszín megbontás, talajkitermelés szilárd anyag emissziója		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Fajlagos emissziós faktor EF [kg/h]	0,2072	0,0221	0,0218
Üzemidő [óra/talaj kitermeléssel érintett munkafázis]	167		
Földmunkák összes emissziója (kg) 1 hónapos időszakban	34,60	3,691	3,641
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	414,4	44,20	43,60

Tereprendezés, aljzattükör kialakítás földmunkáinak poremissziója

A munkafázis kibocsátásait a bányászat fejtési ill. elsődleges törési folyamatokból származó porkibocsátásához hasonlítva adjuk meg abból kiindulva, hogy e munkafázisban már a korábbi munkafázisban nagyrészt kialakított felület igazítását, finomítását végzik el. Feltételeztük ezért, hogy e munkafázisban a manipulált anyag mennyisége lényegesen kisebb, a számításhoz óránként 0,5 tonna értéket adtunk meg.

59. táblázat: Vezeték fektetés – tereprendezés, aljzattükör kialakítás földmunkái szilárd anyag emissziójának számítása

Levegőterhelés tevékenység (visszasajtoló vezeték)	Tereprendezés, aljzattükör kialakítás		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Fajlagos emissziós faktor EF [kg/t]	0,0027	0,0012	0,0006
Manipulált anyag mennyisége [tonna/munkaóra]	0,3		
Emisszió [kg/h]	0,00081	0,00036	0,00018
Tereprendezés összes emissziója (kg) 1 hónapos időszakban	0,135	0,060	0,030
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	1,62	0,72	0,36

A kitermelt talaj terítéséből, depózásából származó porterhelés számítása

A teljes kitermelt talajmennyiség kétszeri áthalmozása mellett számított emissziókat az alábbi táblázat mutatja.

60. táblázat: Vezeték fektetés – rakodási munkák során jelentkező kiporzás számítása

Levegőterhelés tevékenység (visszasajtoló vezeték)	Rakodás szilárd anyag emissziója		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Fajlagos emissziós faktor, EF [kg/t]	3,07E-4	1,45E-4	2,20E-5
Teljes manipulált mennyiség [t/óra]	0,6		
Emisszió [kg/h]	0,00017	0,00008	0,00001
Tereprendezés összes emissziója (kg) 1 hónapos időszakban	2,87E-2	1,36E-2	2,05E-3
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	0,343	0,162	0,0246

Burkolatlan utakon való közlekedés porterhelése

A burkolatlan utakon való szállítási tevékenységre a vezeték fektetés esetén a teljes szállítási forgalom 10%-ának megfelelő forgalommal számoltunk, a teljes 1 hónapos vezeték fektetési időszakra számítva. A szállítási úthosszt átlagosan 970 m-nek vettük.

Jelen dokumentáció készítése során az átlagos szállítási úthosszot a telephelyi területen 0,20 km értéken vettük fel, napi 2,4 forduló (4,8 elhaladás) szállítási forgalommal számolva. Ez összesen a vezeték fektetés időtartamára 19,56 km VKT értéket ad, egy teljes évre felszorozva pedig 234 km összes úthosszot. A további számítási eredményeket az alábbi táblázat összegzi

61. táblázat: Vezeték fektetés – burkolatlan úton való közlekedés kiporzásának számítása

Levegőterhelő tevékenység (visszasajtoló vezeték)	Belső szállítás kiporzása burkolatlan úton		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Fajlagos kibocsátás [kg/VKT]	0,704	0,131	0,013
Kiporzás átlagos mértéke [kg/h]	0,00178	0,00033	0,00003

Levegőterhelő tevékenység (visszasajtoló vezeték)	Belső szállítás kiporzása burkolatlan úton		
	TPM	PM ₁₀	PM _{2,5}
Belső közlekedés összes emissziója (kg) 1 hónapos időszakban	0,037	0,007	0,001
Összes legnagyobb emisszió (kg) 1 évre felszorozott értékek	0,445	0,083	0,008

4.1.1.5 A létesítési fázis teljes légszennyezőanyag-kibocsátása

A korábban bemutatott emisszió számításokat összegezve, az 1 év hosszúságú létesítési fázis légszennyezőanyag-kibocsátása az alábbiak szerint összegezhető.

62. táblázat: A létesítési fázis egy éves időtartamára felszorozott kibocsátások összegzése

Számított összes kibocsátás	CO	HC	NO _x	TPM	PM ₁₀
Erőművi telephely [kg/év]	947,8	82,1	252,8	1 274,9	188,56
Vezeték fektetés [kg/h]	316,8	27,5	84,5	418,9	46,22
Összesen (létesítési fázis) [kg/h]	1 264,6	109,6	337,2	1 693,8	234,8

A létesítési fázis teljes üvegházhatásúgáz-kibocsátása (CO₂) mintegy 410 tonna (ebből az erőművi telephelyen 310 tonna, a vezeték fektetésénél 100 tonna emittálódik).

4.1.1.6 A létesítési fázis levegőminőségre gyakorolt hatása

A létesítési fázis környezeti levegőre gyakorolt hatásainak vizsgálata céljából részletes terjedési számításokat végeztünk az US EPA által fejlesztett AERMOD programmal (verzió szám: 21112, kiadás időpontja: 2021.05.11) egy teljes év (2023) vonatkozásában órás, 24 órás és éves átlagolási időtartamra. Az AERMOD modellrendszer szolgáltatta az alapot a 2002-ben bevezetett új MSZ 21457-es szabványsorozatban foglalt meteorológiai számítások kidolgozásához, ezért az AERMET és az AERMOD modellen alapuló hatásterület számítás a 306/2010. (XII. 23.) Kormányrendelet 5. sz. melléklet 13. pontja szerinti, az előzetes vizsgálati eljárás, környezeti hatásvizsgálati eljárás, egységes környezethasználati engedélyezési eljárás, környezetvédelmi felülvizsgálati eljárás, illetve hulladékégetés esetére előírt, érvényes szabvány szerinti számítási módszernek minősül.

A számítások meteorológiai adatrendszere

A szennyezőanyag terjedési számításokhoz szükséges meteorológiai adatokat a WRF ARW (Weather Research and Forecasting, Advanced Research változat) mezoskálájú időjárás kutató és előrejelző modellel nyertük. A programcsoomaghoz a kiindulási adatokat az alábbi helyekről szereztük be:

- szárazföldi adatok: a teljes, az UCAR honlapjáról elérhető adatsort felhasználtuk (http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/get_sources_wps_geog.html);
- időjárási adatok: NCEP Final Analysis (FNL from GFS): 1 fok felbontású, 6-óránként kiadott adatsora 2023-ra, grib2 formátumban (<http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/>).

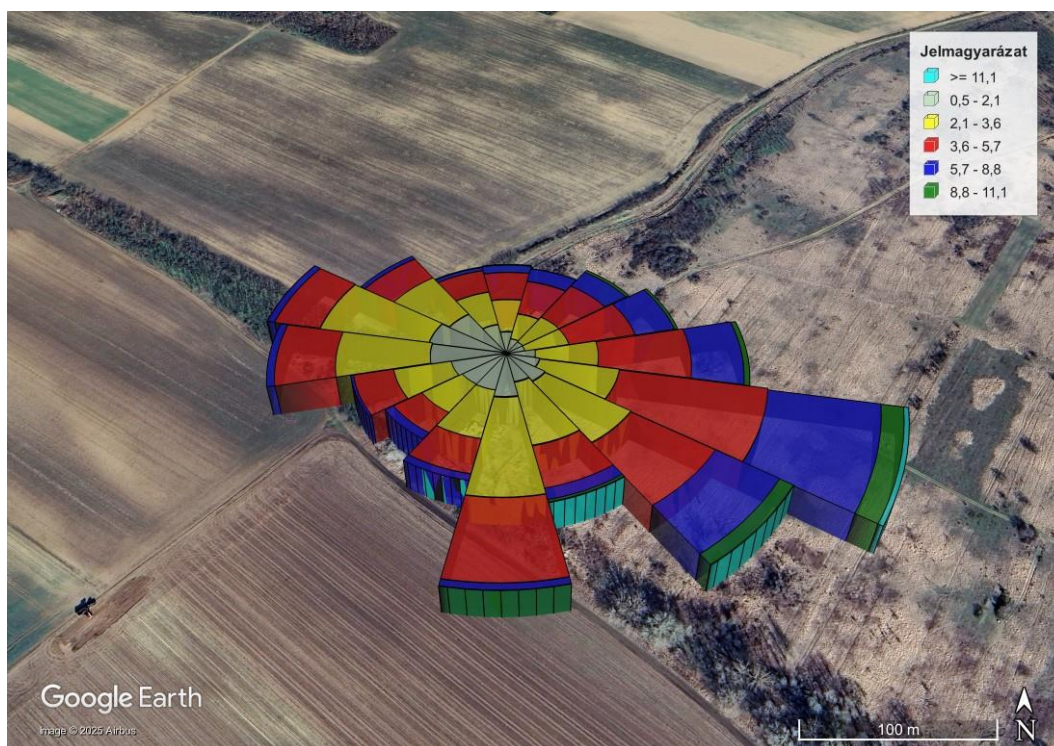
Az időjárási alapadatok számításához modelltartományként Magyarország teljes területét, és az országot övező 150 km-es sávot jelöltük ki, az alábbiak szerint:

- „durva” háló határai: keleti hosszúság 12,0°—26,0°;
északi szélesség 43,0°—51,0°;
- beágyazott (nest) rész: keleti hosszúság 15,6°—23,6°;
északi szélesség 45,3°—49,8°;
- háló elemek mérete („durva” háló): 12 X 12 km, 88 X 74 db-os kiosztásban;
- háló elemek mérete (beágyazott háló): 4 X 4 km, 156 X 126 db-os kiosztásban;
- 34 függőleges szint (P_{top}: 5000);

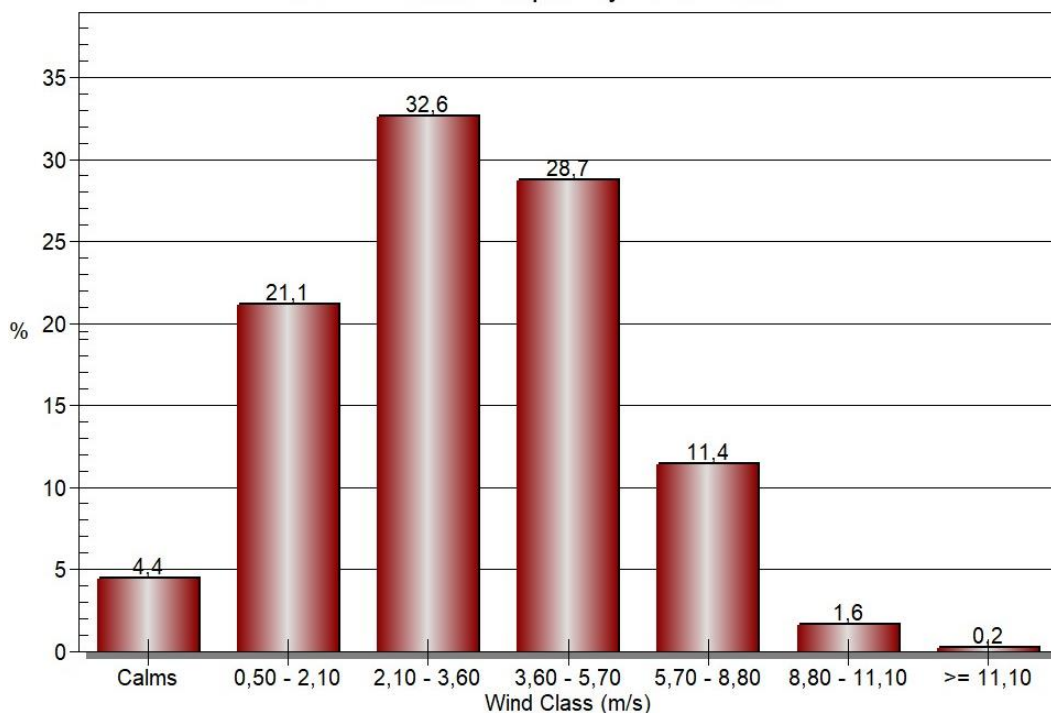
- az alkalmazott modell parametrizációk:
 - mikrofizika: WSM6 graupel-séma;
 - cumulus séma: új Kain-Fritsch séma (csak a 12X12-es hálónál alkalmazva);
 - szárazföldi felszín: Noah séma;
 - felszínközeli réteg: MM5 – Monin-Obukhov hasonlósági elmélet;
 - planetáris határréteg: Yonsei University séma;
 - légköri sugárzás: RRTM (hosszúhullámú) és Dudhia (rövidhullámú) sémák.

A modellrendszer futtatásával kapott teljes 2023 évi eredményorsóból az utófeldolgozás során az US EPA által erre a célra fejlesztett segédprogramjával állítottuk elő az AERMET részére szükséges állományokat (dat, fsl, in1, in2, in3). Az AERMOD-dal közvetlenül felhasználható területspecifikus meteorológiai állományokat (pfl, sfc fájlok) az AERMET futtatásával nyertük, ezzel biztosítva, hogy az alkalmazott számítási eljárás megfeleljen a 2002 évi MSZ 21457-es szabványsorozatnak. Az adatrendszer AERMOD modellel való feldolgozása során a nagyon alacsony (a területre nem jellemző, szélsőséges) szélesebesség értékeket figyelmen kívül hagytuk.

A modellrendszerrel a vizsgált területre kapott felszín közeli szélesebességek (sfc fájlban rögzített) transzport szélirány szerinti megoszlását, és a szélesebességi osztályok százalékos megoszlását az alábbi ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a vizsgált területen a 2023. évi adatok szerint az átlagosan 3,47 m/s sebességű szél leggyakrabban kelet-délkelet felé fúj, de egy másodlagos maximum is azonosítható az északnyugat felé fújó szelek tartományában.



66. ábra: A WRF modellrendszerrel a vizsgált területre kapott felszínközeli szélesebességek transzport szélirányok szerinti megoszlása (forrás: Google Earth)



67. ábra: Szélsebességi osztályok százalékos megoszlása a WRF modellrendszerrel felszínközeli szelekre kapott adatok alapján

Domborzati adatok, modellvizsgálati terület

A tervezett erőmű és visszasajtoló vezeték létesítéséhez köthető kibocsátások környezeti hatásainak számítását derékszögű (Descartes-féle), É–D-i tájolású receptorháló pontjaira végeztük el, ennek jellemző adatai a következők:

- a receptorháló külső határvonalának befoglaló koordinátái:
 - 685 482,4 — 691 682,4;
 - 248 132,6 — 254 332,6;
- a megadott területen minden irányban 200 m-enként vettünk fel receptorpontokat;
- a fentebb leírt receptorhálót két lépésben sűrítettük az eredeti receptor-kiosztáshoz képest:
 - elsőként 100 m-es távolságra, a telekhatártól X és Y irányban számított 1 km és 0,5 km távolságban rajzolt téglalap alakú területek között;
 - második lépésben 50 m-es távolságra, a telekhatár és az attól X és Y irányban is 0,5 km-es távolságban rajzolt téglalap alakú területen belül;
 - továbbá az erőműlétesítés területének határvonalán végig 25 m-enként vettünk fel receptorpontokat.



68. ábra: A levegővédelmi modellszámítás során alkalmazott receptorháló elhelyezkedése (forrás: Google Earth)

A receptorhálók pontjainak tengerszint feletti magasságát az AERMAP segédprogrammal határoztuk meg. Ehhez az SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) által szolgáltatott, az USGS honlapján nyilvánossá tett, 90 m körüli felbontású adatbázist használtuk fel. A kapott terepszint feletti magasság és skálamagasság értékeket az AERMOD programmal közvetlenül használtuk fel.

A modellszámítás során figyelembe vett légszennyező források

Az erőművi telephelyen a létesítési fázisban jelentkező kibocsátásokat, azok jellegére tekintettel, mint légszennyező diffúz forrást vettük figyelembe. A jellemző, a számítás során figyelembe vett adatait a következő táblázat ismerteti.

63. táblázat: A létesítési fázisban üzemelő légszennyező diffúz forrás adatai

jele	Forrás neve	Kezdőpont koordinátái		Xinit*	Yinit*	É-i iránnyal bezárt szög
		EOV Y	EOV X			
D1	erőművi létesítés területe	688 486,63	251 193,15	90	130	36,26

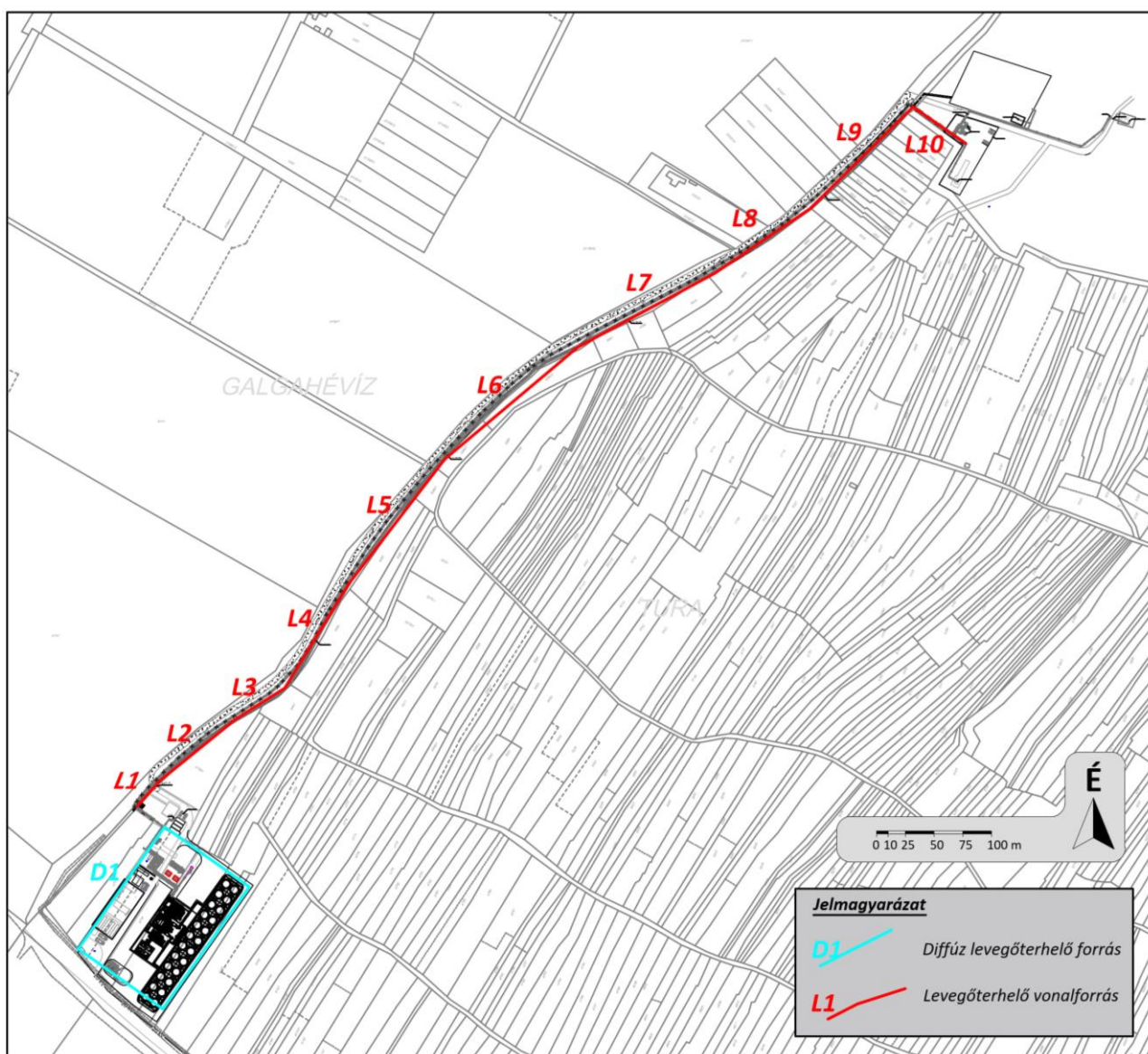
* az AERMOD használati útmutatója szerint használt, a téglalap alapterületű diffúz levegőterhelő források kiterjedését jellemző értékek

A visszasajtoló vezeték nyomvonalán jelentkező kibocsátások hatásait a nyomvonal mentén lefektetett 10 db légszennyező vonalforrással modelleztük. Ezek adatait szintén táblázatos formában közöljük.

64. táblázat: A létesítési fázisban üzemelő légszennyező vonalforrások adatai

jele	Forrás neve	Kezdőpont EOY Y	Kezdőpont EOY X	Végponti koordináták EOY Y	Végponti koordináták EOY X	Útszakasz hossza (m)
L1	vezeték fektetés 1. szakasz	688 537,99	251 317,30	688 556,95	251 338,81	28,7
L2	vezeték fektetés 2. szakasz	688 556,95	251 338,81	688 624,14	251 393,48	86,6
L3	vezeték fektetés 3. szakasz	688 624,14	251 393,48	688 666,17	251 419,82	49,6
L4	vezeték fektetés 4. szakasz	688 666,17	251 419,82	688 721,96	251 510,99	106,9
L5	vezeték fektetés 5. szakasz	688 721,96	251 510,99	688 805,18	251 618,84	136,2
L6	vezeték fektetés 6. szakasz	688 805,18	251 618,84	688 920,57	251 716,00	150,8
L7	vezeték fektetés 7. szakasz	688 920,57	251 716,00	689 040,20	251 780,49	135,9
L8	vezeték fektetés 8. szakasz	689 040,20	251 780,49	689 122,41	251 836,35	99,4
L9	vezeték fektetés 9. szakasz	689 122,41	251 836,35	689 211,97	251 924,85	125,9
L10	vezeték fektetés 10. szakasz	689 211,97	251 924,85	689 258,05	251 893,00	56,0

A felvett légszennyező források elhelyezkedését a következő ábra mutatja be.



69. ábra: Légszennyező források elhelyezkedése (létesítési fázis)

Kémiai átalakulás figyelembe vett adatai

A 4/2011. (I. 14.) VM rendelet nitrogén-dioxidra (NO_2) ad meg egészségügyi határértéket, ugyanakkor a kibocsátások számításának alapjául szolgáló fajlagos emissziós faktorok nitrogén-oxidokra (NO_x) vonatkoznak. Szerencsére az AERMOD több olyan algoritmust is alkalmaz, amely a nitrogén-oxidok közötti átalakulás számszerűsítését elvégzi, jelen esetben a PVMRM (Plume Volume Molar Ration Method) modult alkalmaztuk, amellyel lehetőség volt az Eger, Malomárok u. 1. alatti mérőállomáson 2023-ra számított éves átlagos ózon koncentráció ($49,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) és NO_2/NO_x arány (0,683) alapján meghatározni az NO/NO_2 átalakulás intenzitását.

4.1.1.7 Az elvégzett modellszámítások eredménye

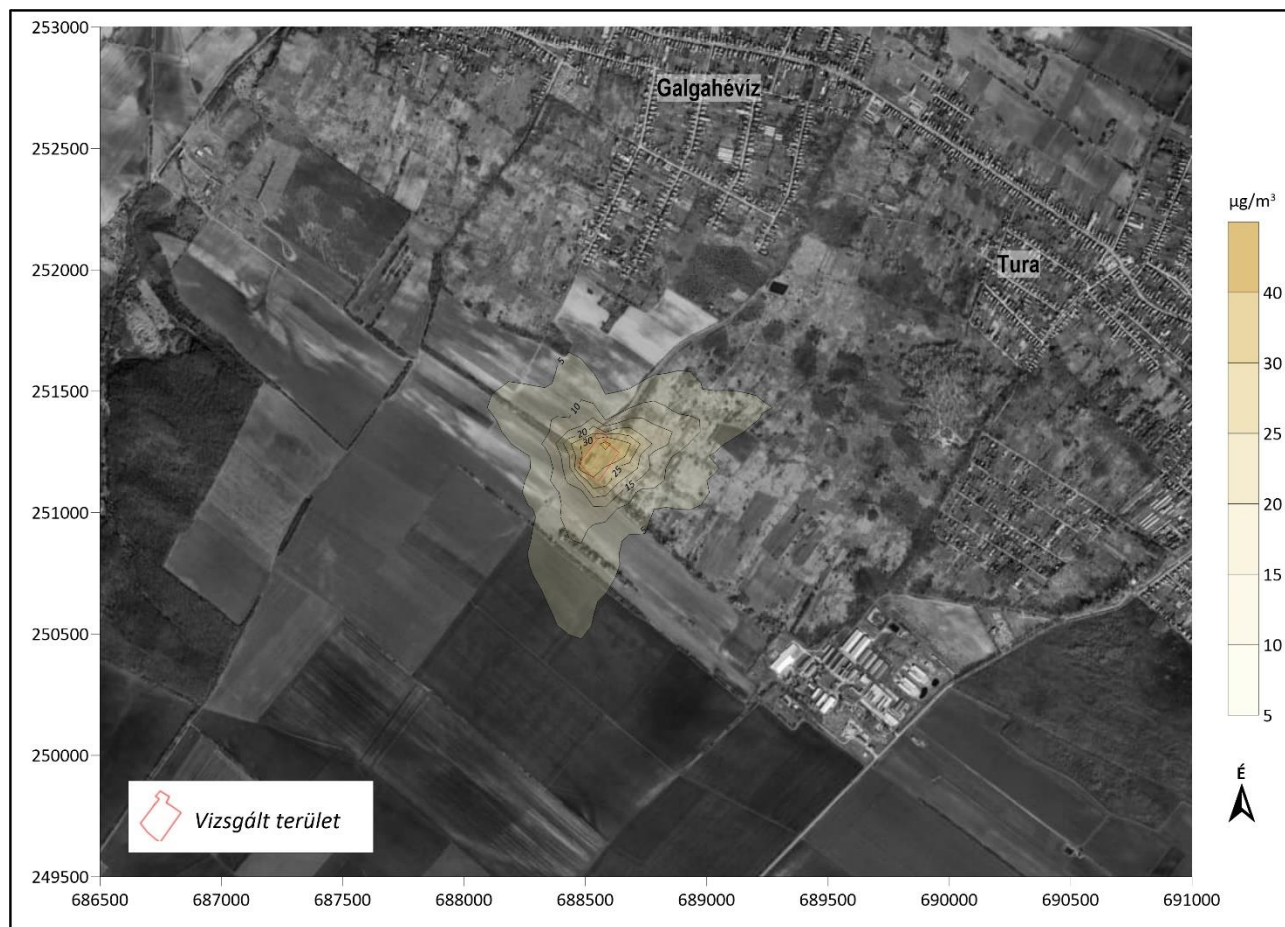
Diffúz levegőterhelés hatásainak bemutatása

Az Aermod modellel a korábban ismertetett emissziókból kiindulva, és az áttekintett alapadat-rendszerek mellett elvégeztük a létesítési fázisban az erőművi területen diffúz módon emittált fontosabb légszennyezőanyagok terjedés számításait órás, 24-órás és éves átlagolási időre. A négyzögletet receptorháló pontjaira kapott számítási eredményeket légszennyezőanyagokként a következő táblázat összegzi.

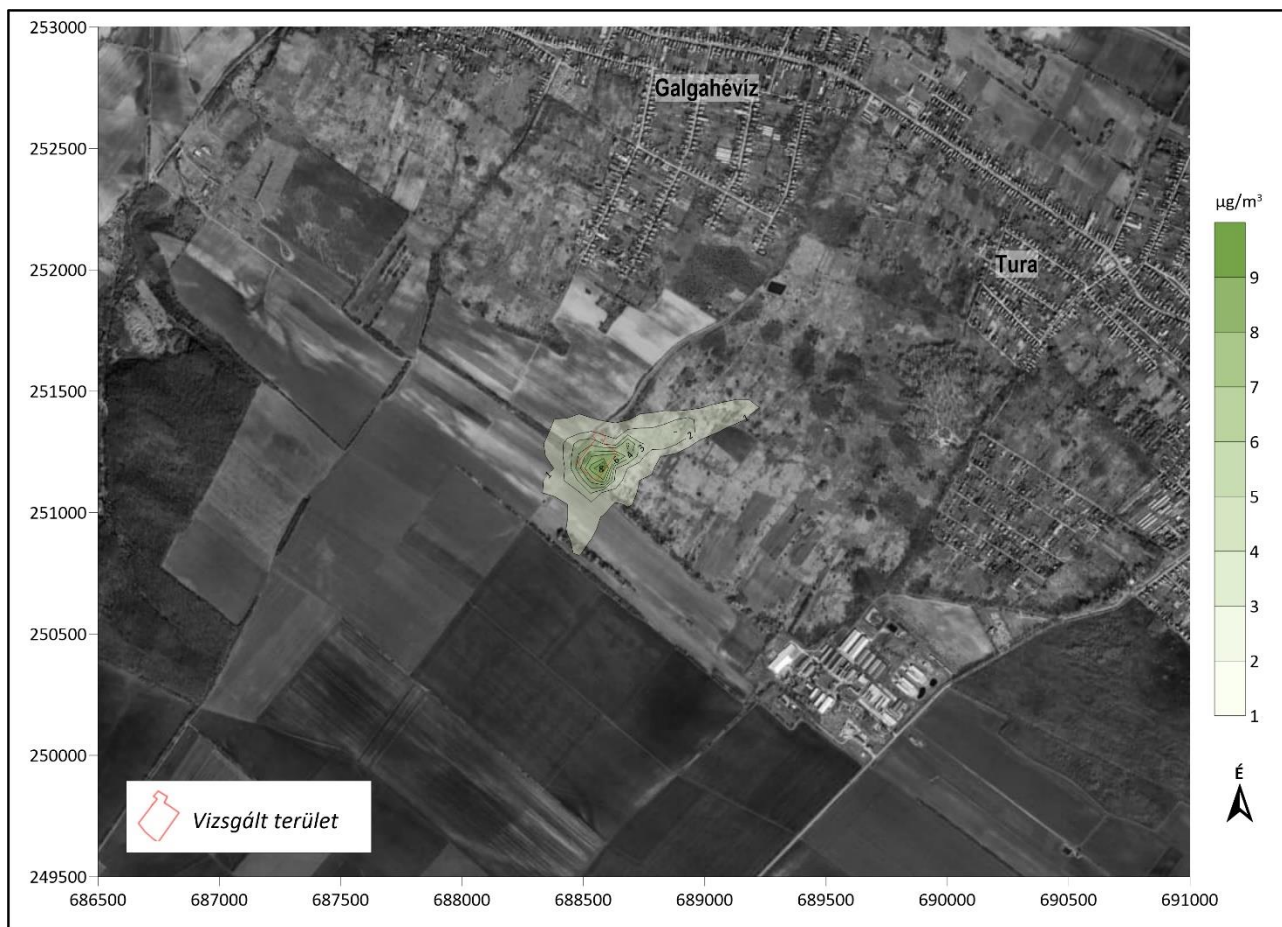
65. táblázat: Légszennyező diffúz forrás kibocsátásai alapján számított levegőterheltségi állapot jellemző adatai

Szennyező anyag	Átlagolási idő	Maximum érték $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Receptorháló $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Határérték $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	órás	257,5	14,14	10000
	24 órás	27,75	0,997	5000
	éves	3,396	0,0508	3000
NO_2	órás	47,01	2,583	100
	24 órás	5,066	0,182	85
	éves	0,620	0,00927	40
PM_{10}	24 órás	10,40	0,263	50
	éves	0,937	0,00945	40

Az eredményeket tekintve látható, hogy a legjelentősebb terhelést a nitrogén-dioxid esetében kaptuk; a legnagyobb telekhatáron kívüli légszennyezőanyag-koncentráció a vonatkozó órás határérték 47%-a volt. A porterhelés ehhez képest nem jelentős, a legnagyobb számított telekhatáron kívüli 24 órás szálló por átlagkoncentráció a vonatkozó 24 órás határérték kisebb, mint 1%-át adta. Határérték túllépés tehát az erőmű környezetében a létesítési fázisban nem valószínű. A nitrogén-dioxid órás és a szálló por 24 órás legnagyobb koncentrációit térképen is ábrázoltuk (70. ábra, 71. ábra).



70. ábra: Nitrogén-dioxid várható óras legnagyobb koncentrációja az erőművi telephely környezetében (létesítési fázis; forrás: Google Earth))



71. ábra: Szálló por (PM_{10}) várható 24 órás legnagyobb koncentrációja az erőművi telephely környezetében (létesítési fázis; forrás: Google Earth)

Vonalforrások levegőterhelő hatása

A létesítési fázis korábban ismertett vonal menti kibocsátásainak hatására kialakuló levegőterheltségi állapot jellemző adatait szintén táblázatos formában ismertetjük.

66. táblázat: Légszennyező vonalforrások kibocsátásai alapján számított levegőterheltségi állapot jellemző adatai

Szennyező anyag	Átlagolási idő	Maximum érték $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Receptorháló átlagértéke $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Határérték $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	órás	47,09	3,816	10000
	24 órás	5,018	0,211	5000
	éves	0,842	0,0106	3000
NO ₂	órás	8,59	0,696	100
	24 órás	0,915	0,0384	85
	éves	0,154	0,00193	40
PM ₁₀	24 órás	0,758	0,0318	50
	éves	0,127	0,00160	40

A legjelentősebb terhelést a vonalforrások esetében is a nitrogén-dioxid esetében kaptuk; a legnagyobb telekhatáron kívüli légszennyezőanyag-koncentráció a vonatkozó órás határérték 8,6%-a volt. A szén-monoxid terhelés ehhez képest nem jelentős, a porterhelés pedig elenyésző mértékű. A nitrogén-dioxidra kapott órás és a szálló porra kapott 24 órás legnagyobb koncentrációkat térképen is ábrázoltuk (72. ábra, 73. ábra).



72. ábra: Nitrogén-dioxid várható órák legnagyobb koncentrációja a vezetékek fektetési munkák környezetében (létesítési fázis; forrás: Google Earth)



73. ábra: Szálló por (PM_{10}) várható 24 órás legnagyobb koncentrációja a vezeték fektetési munkák környezetében (létesítési fázis; forrás: Google Earth)

4.1.1.8 Levegőminőségre gyakorolt hatásterület meghatározása

Alap levegőterheltség

A levegőtisztaság-védelmi értékelés részeként meg kellett határoznunk a létesítési fázis légszennyező forrásainak hatásterületét. Ennek első lépése a vizsgált terület alap levegőterheltségének meghatározása. A 306/2010. (XII. 23.) Kormányrendelet 2. § 1. pontjában foglaltakat alapul véve az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat által közzétett 2023. évi adatokat használtuk fel az alap levegőterheltség becslésére, a következő táblázatban foglaltak szerint. A 3.7.2 fejezetben bemutatottak alapján a vizsgált terület alap levegőterheltségét a következők szerint becsültük.

67. táblázat: A vizsgált terület alap levegőterheltsége, terhelhetősége (minden érték $\mu g/m^3$ -ben)

Légszennyező anyag	SO ₂	NO ₂	CO	PM ₁₀
Adat forrása	OLM automata mérőhálózat (2023. év)			
Állomás neve	Eger 2. (Malomárok u. 1.)			
Alap levegőterheltség	4,7	16,3	411	22
Immissziós határérték	250	100	10 000	50*
Terhelhetőség	245,3	83,7	9 589	28
Terhelhetőség 20%-a	49,1	16,7	1 918	5,6

* 24 órás határérték

Az erőművi területen a létesítési fázisban várható diffúz kibocsátások hatásterülete

A létesítési fázis hatásterületét az erőmű létesítésére kijelölt 1,1 hektáros terület határvonalától számított sáv méterben megadott szélességével adjuk meg. A számítást a 306/2010. (XII. 23.) Kormányrendelet 2.§ 12c. pontjában megadott módszerrel végeztük el.

68. táblázat: Diffúz levegőterhelő forrás hatásterület számítási eredményei

Légszennyező anyag	NO ₂	CO	PM ₁₀
a) módszer	302	n. é.	n. é.
b) módszer	160	n. é.	n. é.
c) módszer	14	14	7

n. é.: nem értelmezhető

A hatásterület számítási eredményeket tekintve látható, hogy a legnagyobb hatásterületet a nitrogén-dioxidra, a jogszabály szerinti a) módszert alkalmazva kaptuk.

A vezeték fektetési munkák környezetében jellemző vonalszerű kibocsátások hatásterülete

Habár a 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet a vonalforrások hatásterületének számítására vonatkozó eljárást nem határoz meg, a diffúz forrásokra vonatkozó, 2.§ 12c. pontban leírt számítási módszert kiterjesztve, a bányai vonalforrások hatásterületét számítottuk. A vonalforrások hatásterületét a vonalforrással párhuzamos sáv méterben megadott szélességével adjuk meg.

69. táblázat: Levegőterhelő vonalforrások hatásterület számítási eredményei

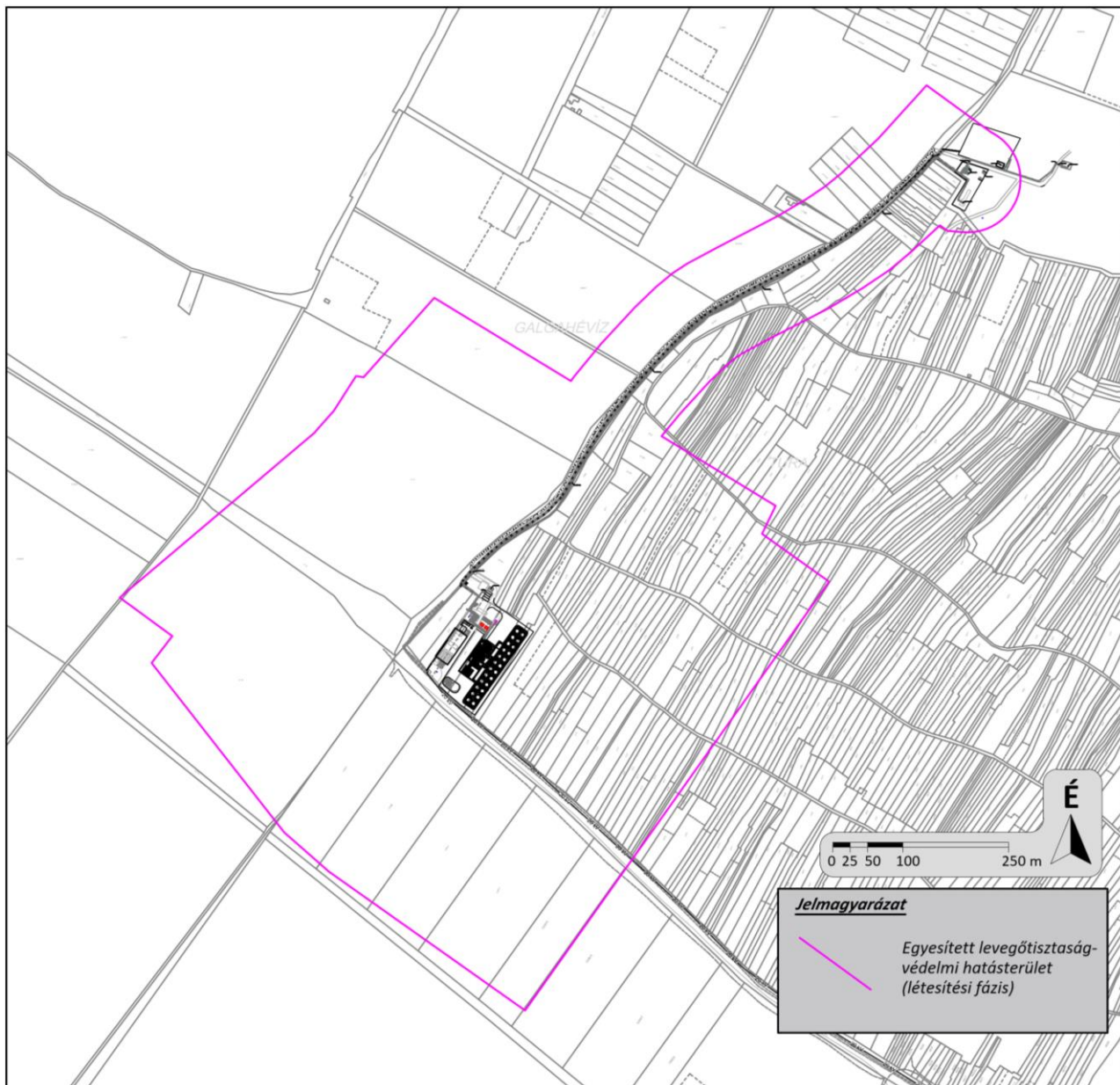
Légszennyező anyag	NO ₂	CO	PM ₁₀
a) módszer	n. é.	n. é.	n. é.
b) módszer	n. é.	n. é.	n. é.
c) módszer	75	75	25

n. é.: nem értelmezhető

Látható, hogy a vonalforrások esetében csak a jogszabályban előírt c) módszer adott értékelhető eredményt. Az ezzel a módszerrel számított érték azonban (azonos átlagolási időt tekintve) nem függ a kibocsátás nagyságától, így a nitrogén-dioxid és a szén-monoxid esetében ugyanúgy 75 m-es eredményt kaptunk.

A létesítési fázis egyesített hatásterülete

A létesítési fázis összesített hatásterületeként javasolt az erőművi területet övező 300 m-es sávval érintett területrészt, illetve a vezeték fektetéssel érintett terület 75 m-es környezetét figyelembe venni. Az ily módon kapott hatásterület térképen is ábrázoltuk (74. ábra). A megadott hatásterület lakott területet nem érint. A létesítési fázis hatásterületén a levegőtisztasági követelmények mindenütt teljesülnek. Az erőmű létesítésének és a vezeték fektetésnek levegőtisztaság-védelmi jogszabályi akadálya nincs.



74. ábra: Létesítési fázis egyesített levegőtisztaság-védelmi hatásterülete

4.1.2 Zaj- és rezgésvédelem

4.1.2.1 Tervezett zajforrások

Az építés munkafázisait, és a munkafázisok várható zajteljesítmény-szint értékeit az alábbi táblázat tartalmazza.

70. táblázat Létesítés zajforrásai

Lokáció	Gép neve	Darabszám	Lw	Összesen
Telephelyen belül	Kotrógép	1	103	108
	Teherautó	2	101	
	Dózer	1	103	
	Mobil daru	1	90	
Csővezeték létesítése	Kotrógép	1	103	105
	Teherautó	1	101	

A létesítés 1 évet vesz igénybe. A létesítés számítása során úgy vesszük, hogy a 8 órás megítélési idő alatt minden gép folyamatosan üzemel.

4.1.2.2 Vonatkozó határértékek

A környezeti zaj és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló 27/2008 (XII. 3.) KvVM–EüM együttes rendelet 2. számú melléklete tartalmazza az építési kivitelezési tevékenységtől származó zajterhelés értékeit. Az építési kivitelezési tevékenység teljes időtartamát szakaszokra kell bontani, és azokra a határértéket külön-külön kell meghatározni a következő táblázat szerint.

71. táblázat Építési kivitelezési tevékenységtől származó zajterhelés határértékei

Zajtól védendő terület	Határérték (LTH) az LAM megítélési szintre (dB)					
	ha az építési munka időtartama					
	1 hónap vagy kevesebb		1 hónap felett 1 évig		1 évnél több	
	nappal	éjjel	nappal	éjjel	nappal	éjjel
Üdülőtérület, különleges területek közül az egészségügyi területek	60	45	55	40	50	35
Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű), különleges területek közül az oktatási létesítmények területe, a temetők, a zöldterület	65	50	60	45	55	40
Lakóterület (nagyvárosias beépítésű), a vegyes terület	70	55	65	50	60	45
Gazdasági terület	70	55	70	55	65	50

Mivel építési tevékenység csak nappal kívánnak végezni, értelemszerűen csak a nappali határértéket kell figyelembe venni.

Mivel a pontos géppark jelenleg még nem ismert, ezért nem bontjuk külön szakaszokra a zajterhelés számítását, hanem a legnagyobb zajkibocsátással járó tevékenység zajhatását vetjük össze a vonatkozó határértékekkel.

4.1.2.3 Várható zajterhelés

A várható zajterhelést zajterjedés modellezéssel határoztuk meg. Az építőipari zajforrások a telephelyen folyamatosan mozoghatnak, a helyzetüket folyamatosan változtatják.

Mindezek miatt a teljes építési területet felületforrásként vesszük figyelembe. Az egységnyi felületre eső zajteljesítmény szint 68,1 dB(A).

A csővezeték építése esetén úgy vesszük, hogy egyszerre 100 m-es szakaszt építenek, a zajforrások ezen a 100 m-es szakaszon oszlanak el. A szakasz 1 m-re eső zajteljesítmény szintje 83,8 dB(A).

A zajterhelés meghatározása során az építési fázisok közül a legnagyobb zajkibocsátással járó folyamatot modelleztük. A zajmodell tehát a legeslegkedvezőtlenebb állapotot ábrázolja, a valóságban ettől kedvezőbb zajhelyzet várható.

A csővezeték létesítése esetén azt a szakaszt modellezzük, mely a legközelebb esik a lakóházhoz.

A hangterjedés számítását CadnaA zajterjedést számító szoftver segítségével végeztük. A szoftver számítási módszerként az MSZ ISO 9613-2– Hangterjedés szabadban c. szabványt használja.

Vizsgálatok során elkészítettük a telephelyhez legközelebb lévő védendő létesítmények előtt 2-m-re felvett, korábban bemutatott mérési pontokra, illetve kiegészítő pontot (T3) veszünk fel a legközelebbi kijelölt üdülőterület határán.

A részletes számításokat mellékelve (ld. **8. melléklet**) csatoljuk, a mérési eredményeket az alábbi táblázatban mutatjuk be:

72. táblázat: Vizsgálati pont zajterhelése

Vizsgálati pont	Megítélési szint, LAM (dBA)		Határérték LTH (dB(A))	
	Telephely	Csővezeték	nappal	éjjel
G1	36,5	39,1	60	-
G2	37,8	40,9	60	-
G3	32,6	42,4	60	-
G4	32,6	44,2	60	-
G5	37,8	55,2	60	-
T1	27,8	32,0	60	-
T2	29,6	32,0	55	-
T3	37,7	49,1	55	-

Az eredmények alapján látható, hogy a várható zajterhelés a vonatkozó határértékek alatt marad.

Az építési tevékenység során a zajvédelemre vonatkozó előírásokat a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól szóló 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet tartalmazza.

A rendelet alapján:

12. § A kivitelező a zaj- és rezgésvédelmi követelményeket az építőipari tevékenység ideje alatt köteles betartani.

13. § (1) A kivitelező felmentést kérhet a külön jogszabály szerinti zajterhelési határértékek betartása alól a környezetvédelmi hatóságtól

a) egyes építési időszakokra, ha a kibocsátási határérték-kérelem szerint a zajkibocsátás műszaki vagy munkaszervezési megoldással határértékre nem csökkenthető,

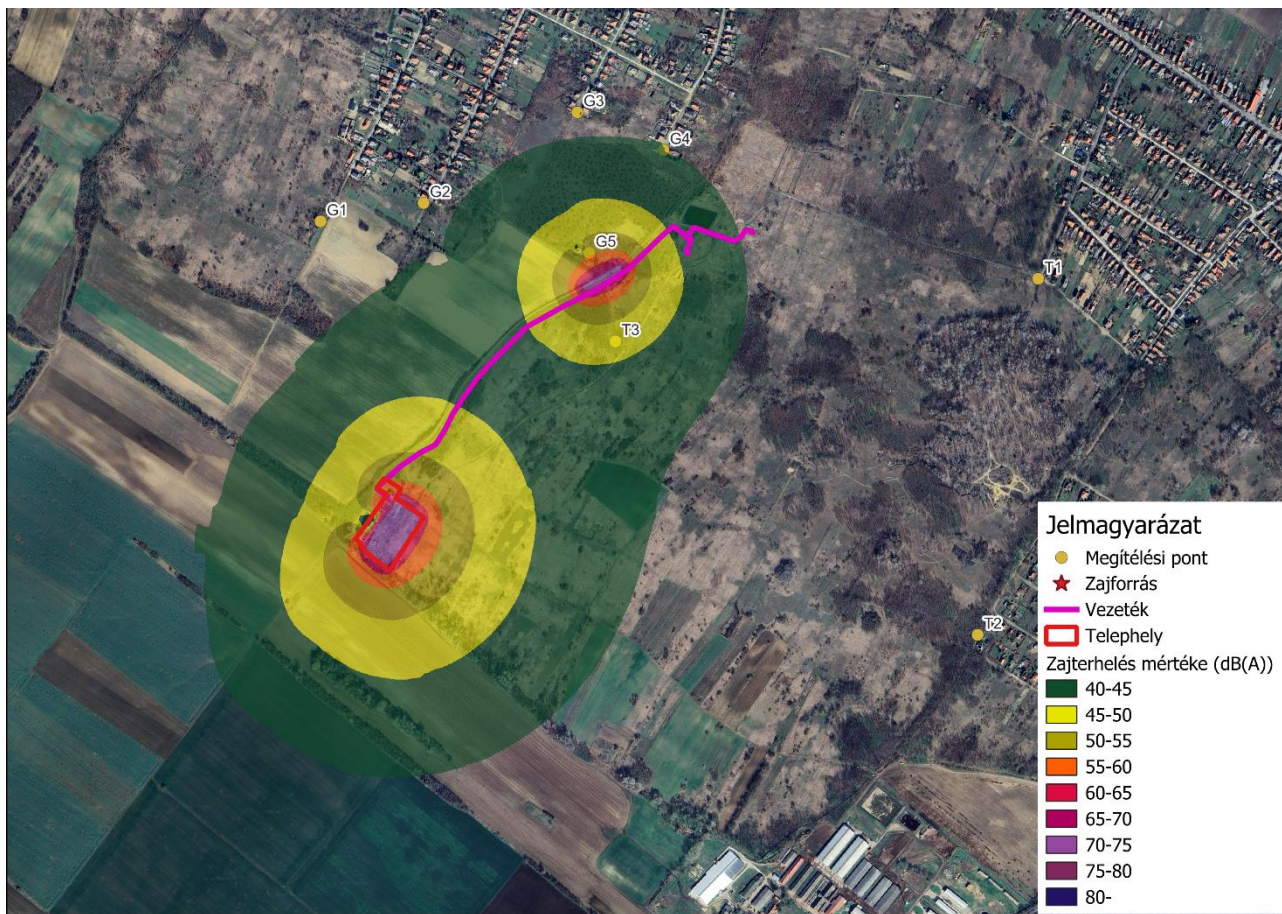
b) építkezés közben előforduló, előre nem tervezhető, határérték feletti zajterhelést okozó építőipari tevékenységre.

Mindezek alapján a határértékek betartására mindenképpen törekedni kell, azonban amennyiben az előzetes számítások szerint a vonatkozó határértékeket betartani nem lehet, a környezetvédelmi hatóságtól a zajos munkafolyamatokra felmentés kérhető.

Felhívjuk az építető figyelmét, hogy a beruházás megkezdése előtt a munkafolyamatok és az organizációs terv pontos ismeretében a számításokat ismételtelen el kell végezni.

Az elvégzett számítások alapján az egyes építési ütemekre meg lehet határozni a szükséges zajcsökkentés nagyságát, és az ennek elérése érdekében teendő zajcsökkentési intézkedéseket.

A megítélési pontra való számításon kívül elkészítettük az építési tevékenység zajterjedésének térképét, melyet a következő ábrán mutatunk be:



75. ábra: Létesítés zajtérképe

4.1.2.4 Zajvédelmi hatásterület

Közvetlen hatásterület

A 284/2007 (X. 29.) Korm. rendelet 6.§.-a alapján létesítmény zajszempontú hatásterületének határa az a vonal, ahol a zajforrástól származó zajterhelés:

- a) 10 dB-lel kisebb, mint a zajterhelési határérték, ha a háttérterhelés is legalább 10 dB-lel alacsonyabb, mint a határérték,
- b) egyenlő a háttérterheléssel, ha a háttérterhelés kisebb a zajterhelési határértéknél, de ez az eltérés nem nagyobb, mint 10 dB,
- c) egyenlő a zajterhelési határértékkel, ha a háttérterhelés nagyobb, mint a határérték,
- d) zajtól nem védendő környezetben - gazdasági területek kivételével - egyenlő a zajforrásra vonatkozó, üdülőterületre megállapított zajterhelési határértékkel,
- e) gazdasági területek zajtól nem védendő részén nappal (6:00-22:00) 55 dB, éjjel (6:00-22:00) 45 dB.

A mérési pontok környezetében egyéb, azonos megítélés alá tartozó zajt nem érzékeltünk, ezért háttérterhelésként az alapzaj meghatározása során mért 95%-os statisztikai szintet vettük.

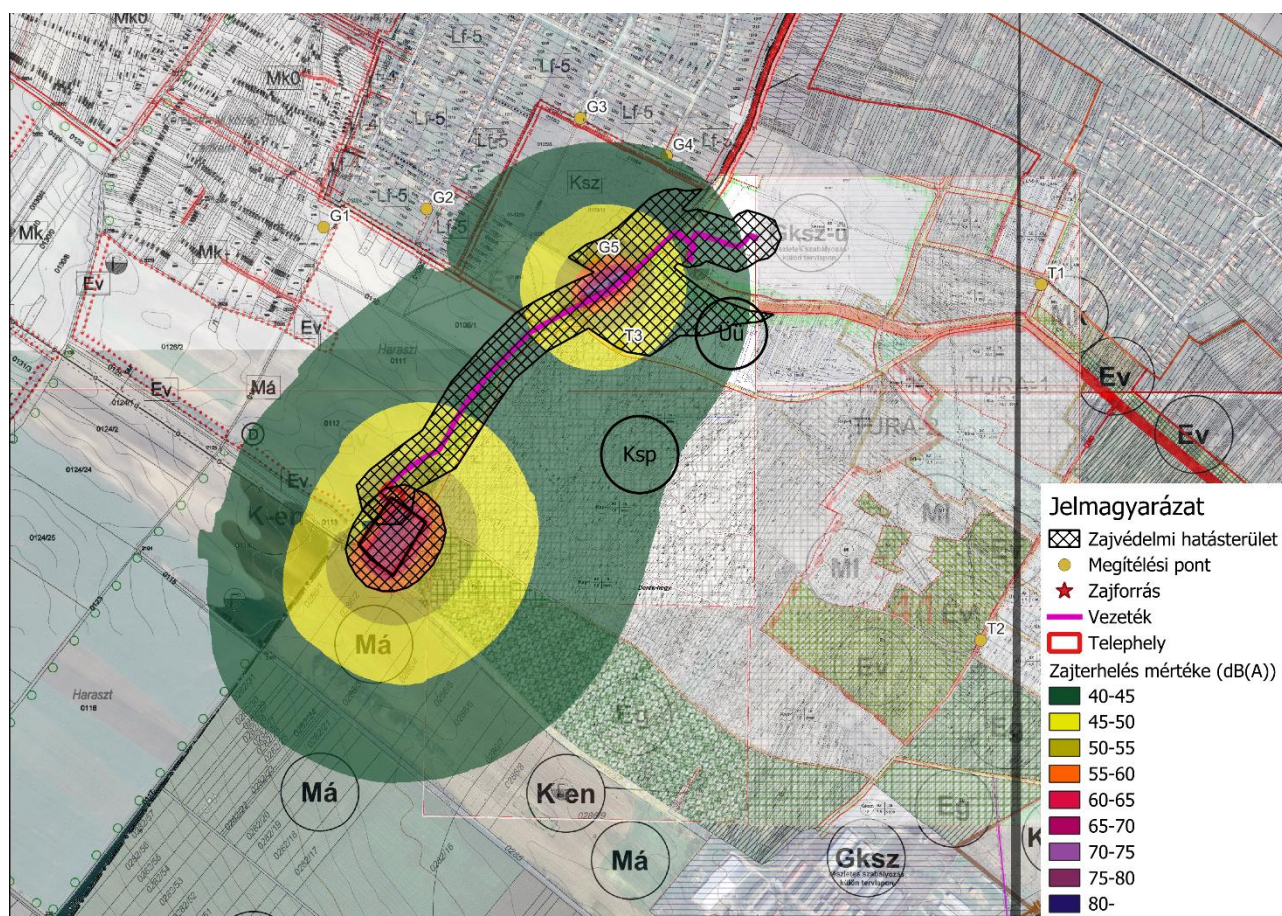
Mindezek alapján az egyes irányokban a következő követelményeknek kell teljesülnie:

73. Táblázat: Hatásterületi követelmények nappal

Terület	Hatásterület határa dB (A)				
	a	b	c	d	e
Üdülőterület	45	<45	55		
Falusias, kertvárosias lakóterület, oktatási intézmények területe	50	<50	60	-	-
Gazdasági területek	55	-	65	-	*
Zajtól nem védendő terület	-	-	-	55	

*: Üzemelési zajra meghatározott hatásterületi érték. Gazdasági területek esetén Határérték-10 dB-t veszünk figyelembe

A zajvédelmi hatásterületet az alábbi ábrán mutatjuk be:



76. ábra: Kivitelezés zajvédelmi hatásterülete

Közvetett hatásterület

A környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól szóló 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet alapján:

7. § (1) Új tevékenység telepítéséhez és megvalósításához szükséges szállítási tevékenység hatásterülete az a szállítási útvonalakkal szomszédos, zajtól védendő terület, amelyen a szállítási, fuvarozási tevékenység legalább 3 dB mértékű járulékos zajterhelés-változást okoz.

A telephely forgalma a 3105. sz. utat, majd M3 autópályát érinti. Az érintett utak közül a legalacsonyabb forgalommal a 3105. sz. út rendelkezik, ezért a vizsgálatot erre az útszakaszra végezzük el.

A létesítés során, napi 5 tehergépjármű oda-vissza forgalmával számolunk, kizárólag a nappali időszakban.

Az érintett útszakasz forgalomszámlálási adatokat a Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2024 szeptemberében nyilvánosságra hozott Az országos közutak 2023. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma, az országos

közúthálózat átlagos napi forgalma összesítő táblázatok (országos és kezelőnkénti bontás) c. kiadványából adtuk meg.

74. táblázat: Az érintett útszakasz forgalmi adatai

Járműkategória	ÁNF (átlagos napi forgalom)
	3105.sz. jelű fő út 7+ 859 km szelvény
Személygépkocsi és Kis tehergépkocsi	4924
Szóló autóbusz	146
Csuklós autóbusz	7
Szóló tehergépkocsi	117
Pótkocsis szerelvény	12
Nyerges	51
Motorkerékpár	91

Az adatok alapján az út forgalma 5348 jármű naponta. Részletes számítások nélkül is belátható, hogy a napi 5 teherautó érzékelhető változást a jelenlegi forgalomban nem okoz.

4.1.3 Hulladékgyazdálkodás

A geotermikus erőmű tervezett kapacitás bővítése bontási munkával nem jár együtt.

Az új erőműi egység létesítése során a hulladékképződés elsősorban a tereprendezés, alapozás és gépészeti elemek szerelése során jelentkezik. A képződő hulladékok mennyisége mérsékelt, döntően építési-bontási és csomagolóanyag hulladékok formájában jelenik meg.

Az építés során várhatóan képződő hulladékok mennyiségeit a következő táblázat mutatja be.

75. táblázat: A létesítési fázisban várhatóan képződő hulladékok

Hulladék megnevezése	HAK-kód	Várható mennyiség	Kezelés a helyszínen	Kezelés telephelyen kívül
Ásványolaj alapú, klórvegyületet nem tartalmazó motor-, hajtómű- és kenőolajok (Fáradt olaj)	13 02 05*	50 kg	gyűjtés	Átadás Vh kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Papír és karton csomagolási hulladék	15 01 01	250 kg	gyűjtés	Átadás kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Műanyag csomagolási hulladék	15 01 02	50 kg	gyűjtés	Átadás kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Veszélyes anyagokkal szennyezett abszorbensek, szűrőanyagok (Olajos textília)	15 02 02*	20 kg	gyűjtés	Átadás Vh kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Beton	17 01 01	500 kg	gyűjtés	Átadás kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Föld és kövek	17 05 04	200 kg	felhasználás	Nincs
Biológiailag lebomló hulladék	20 02 01	50 kg	gyűjtés	Átadás kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Települési hulladék (kevert települési hulladék)	20 03 01	100 kg	gyűjtés	Átadás közzszolgáltatónak

A földmunkák során képződő, szennyezésmentes föld teljes egészében a helyszínen tereprendezés során felhasználásra kerül, így elszállítandó hulladék a létesítés ezen fázisában nem képződik.

A veszélyes hulladékokat a hulladék kémiai hatásainak ellenálló, környezetszennyezést kizáró csomagolóeszközben, edényzetben, szelektíven kell gyűjteni. Ennek megfelelően az említett veszélyes hulladékok gyűjtésére erre a célra elkülönített helyen, zárt edényzetet kell biztosítani. Az összegyűlt veszélyes hulladékok arra engedéllyel rendelkező szakcégnak kerülnek szerződéses alapon átadásra hasznosítás, illetve ártalmatlanítás céljából.

A helyszínen dolgozó emberek ott tartózkodása során képződő települési szilárd hulladék más hulladéktól külön kerül gyűjtésre és elszállításra. A kommunális hulladék zárt edényzetben (120 literes műanyag edényzet, kuka) való

gyűjtés után átvételre, illetve elhelyezésre, az arra engedéllyel rendelkező helyi kommunális szolgáltató hulladéktelepén kerül. A szippantott szennyvíz elszállítását egyedi megállapodás alapján engedélyes vállalkozó szállítja el a legközelebbi települési folyékony hulladékot is fogadó szennyvíztisztító telepre.

A képződő hulladékmennyiségeket és elszállításukat naprakészen az építési naplóban vezetni kell. Az átadás során törekedni kell a minél nagyobb arányú hasznosításra.

4.1.4 Felszíni- és felszín alatti vizek, talajvédelem

4.1.4.1 Anyagtárolás

Potenciális szennyeződés veszélyt a felszíni rendszer telepítéséhez és csővezeték fektetéshez köthetően dízelolaj és kenőanyagok elfolyása jelentnek. A tervezett tevékenység során gázolaj és az esetlegesen előforduló karbantartási munkák elvégzéséhez szükséges kisebb mennyiségű kockázatos anyagok (pl. kenőanyagok, festékek, stb.) kerülnek felhasználásra. Ezen tevékenységeket úgy kell kialakítani, hogy azok ne járjanak a felszín alatti vizek vagy földtani közeg szennyezésével.

A meghajtó motorokhoz szükséges üzemanyagot zárt, a hatályos előírásoknak megfelelő tartályokban tárolják a munkaterületen. A kisebb mennyiségben szükséges kenő és egyéb adalékanyagok tárolása olajfogó tálcával ellátott raktárkonténerben történik. A szénhidrogén jellegű anyagok közvetlen közelében helyezik el az azonnali kármentesítéshez szükséges kellékeket és anyagokat (felítató homok, lapát, gyűjtőedény, olajfogó szövetek). Az üzemanyag-tartályokhoz kármentőt építenek ki.

A karbantartási anyagok tárolási helyét szivárgásmentes padlózattal kell ellátni, felhasználásuk során törekedni kell a környezetvédelmi kockázatok minimalizálására. A veszélyes anyagok göngyölegei, a veszélyes anyagokkal szennyezett törülköző és más anyagok, eszközök (pl. felítató anyagok, stb.) kezelésére a veszélyes hulladéokra vonatkozó jogszabályi előírások érvényesek.

A felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet szerinti szennyező anyagok elhelyezése nem történik, illetve más engedélyköteles tevékenységet a kivitelezés területén nem végeznek.

A környezetre potenciális veszélyt jelentő anyagok tárolásából származó kockázatok és hatások csökkentésére a legjobb megoldás, ha olyan vállalkozó végzi a kivitelezési munkát, akinek korszerű berendezése, felszerelése és megfelelő környezeti menedzsmentje van. A kivitelezővel kötött szerződésben ki kell térni az elővigyázatosság és gondosság betartására a felesleges elszennyeződések minimalizálása érdekében.

4.1.4.2 Vízhasználat, szenny- és használtvíz-elvezetés

Vízhasználat

A kivitelezés során 0,5 m³/nap kommunális víz felhasználása várható, mely tartalmazza a munkaterületen dolgozók szociális és használati vízigényét is. A kommunális vízigény tartállyról biztosítható. Más vízhasználat nem várható a telepítés során.

Keletkező szennyvizek

A felszíni rendszer, illetve a csővezeték fektetés során keletkező kommunális szennyvizet mobil toaettek, illetve szociális konténer alkalmazásával zárt rendszerben gyűjtik és tárolják. Az összegyűjtött szennyvíz a kivitelező, illetve a szolgáltatást nyújtó vállalkozó által vagy rendelésére, arra engedéllyel rendelkező szakcéggel kerül elszállításra a legközelebbi átvevőpontra vagy a legközelebbi szennyvíztisztító telepre.

A kommunális szennyvíz minősége a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szóló 28/2004. (XII.25.) KvVM rendeletben foglaltaknak kell megfelelnie.

Tekintettel arra, hogy a kommunális szennyvizet elkülönítetten gyűjtik, összetétele várhatóan nem különbözik majd a szennyvíz általános összetételétől.

4.1.4.3 Felszín megbolygatása, talajvédelem, csapadékvíz elvezetés

Az erőmű telepítéséhez kapcsolódó terület nagysága hozzávetőlegesen 4300 m², illetve a felszíni csővezetékrendszer telepítéshez kapcsolódó 1 350 méter hosszban érint. A felszín zavartalanságát a művelet jellegéből adódóan nehéz elkerülni, habár minimalizálni lehet. A kockázatokkal járó berendezések alá telepített betontechnők, szilárd burkolat, kőszórásos utak és munkaterületek, valamint a megfelelően, előírászerűen gyűjtött, elszállított hulladék és a kockázatos anyagok számára kialakított tárolók biztosítják, hogy a talaj ne károsodjék.

A talajra potenciális veszélyt jelenthet a leszivárgó esetlegesen szennyezett csapadékvíz.

A csapadékvíz elszennyeződésének veszélye nem áll fenn. A csapadékvizek kizárólag a munkagépek (motorok kenése és üzemanyag-ellátásának) meghibásodása (havária) esetén szennyeződhetnek (a potenciális veszélyt jelentő anyagok zárt konténerben kerülnek elhelyezésre).

A kivitelezés során káros hatások részben az üzem- és kenőanyagok véletlen kiömléséből, elfolyásából származhatnak. Amennyiben a fentiek szerinti veszélyhelyzet kialakul, a kárelhárítási tevékenységet haladéktalanul megkezdik, az eseményt pedig jelzik az illetékes hatóságnak. A munkaterületeken a munka befejezése után teljes körű tereprendezést, és rekultivációt kell elvégezni, a tömörített talajréteget fel kell lazítani, a talaj rétegrendjét az eredeti állapotnak megfelelően kell visszaállítani.

4.1.5 Védett területek, épített környezet, tájkép

A vizsgált terület élővilág-védelmi fejezeteit a **11. melléklet** és tájképvédelmi fejezeteit a **12. melléklet** mutatja be.

4.2 ÜZEMELÉS HATÓTÉNYEZŐI ÉS HATÁSFOLYAMATAI

4.2.1 Levegőtisztaság-védelem

A kialakítani tervezett új bináris erőmű automatikus működésű, állandó kezelői felügyeletet nem igénylő létesítmény. Működése során a V-1 és V-1A jelű termálkutakból kitermelt meleg vizet arra használja, hogy hőcserélőn keresztül felfűtsön egy másodlagos folyadékot (amely a víznél alacsonyabb forráspontú szerves vegyületet folyadék, jelen erőmű esetében bután), és az így felfűtött másodlagos folyadék gőze hajtja az erőmű turbináit. A turbinák által termelt villamos energiát a közcélú villamos hálózatra csatlakoztatják, a másodlagos folyadékot pedig léghűtéssel újból cseppfolyósítják és a rendszerbe visszaforgatják. A használt termálvizet azután a visszasajtolásra kijelölt, az erőművi területtől mintegy 1 km-re észak-északkeletre elhelyezkedő T-1 és Tu-4 kutakon keresztül sajtolják vissza a víztartó rétegbe.

Mivel állandó kezelői felügyeletet nem igényel, normál üzemmenet mellett távfelügyelet elegendő az üzemeltetéséhez. A távfelügyelet beavatkozási igény esetén üzenetet küld, így a szükséges javítások céljából alkalmi jelleggel látogatják a létesítményt. Ezen felül a tervszerű karbantartás és rendszerfelügyelet miatti havi rendszerességű kezelői ellenőrzésekkel kell a telephelyen számolni. Ebből adódóan a telephelyen fűtés, légszennyező pontforrás nem üzemel.

A kutak vizéből leválasztott nitrogént, szén-dioxidot és metánt tartalmazó, mintegy 1500 m³/óra térfogatáramú gázkeverék (ún. kísérőgáz) az erre kialakított szellőzőn keresztül közvetlenül a környezeti levegőbe lép. Habár a LAL útmutató 6. mellékletében a metán (CAS 74-82-8, azonosító: 100) szerepel, a vegyület a 306/2010. (XII. 23.) 2.§ 22. pontjában foglalt definíciónak („*légszennyező anyag: a levegőben lévő és az emberi egészségre vagy a környezet egészére valószínűsíthetően káros hatást gyakorló anyag*”) nem felel meg. Biztonsági adatlapja szerint a termék nem mérgező (nincs toxikus, mutagén vagy karcinogén, teratogén hatása), és illékonyaságából adódóan a környezetre káros hatást, pl. talaj- vagy vízszennyezést nem tud okozni. Következésképpen, a metán ténylegesen nem tekinthető légszennyező anyagnak, hanem a szén-dioxidhoz hasonlóan üvegházhatású gáz (ebbéli jellegzetességei régóta ismeretesek). Átlagos légköri koncentrációja az üvegházhatású gázok közül a szén-dioxid (390 ppm) után a legnagyobb (1,8 ppm), ami a légszennyező anyagok átlagkoncentrációját mintegy 3 nagyságrenddel meghaladja.

Ezen megfontolások alapján a metántartalmú termálvízből leválasztott nagy mennyiségű gázelegy környezeti levegőbe vezetésére szolgáló szellőző nem minősül engedélyköteles légszennyező pontforrásnak. Az erőművi vízrendszerből kilépő gázeleggyel emittált metán- és szén-dioxid mennyiségét az üvegházhatású gázokról szóló fejezetben számítjuk részletesen. A telephely üzemeltetési fázisban jellemző levegőterhelése ezáltal csak az eseti jellegű telephelyre irányuló forgalomra korlátozódik. Ennek mértéke a tervező adatszolgáltatása szerint 1–2 tehergépjármű és 1–5 személygépjármű forgalmára korlátozódik. A forgalom eseti jellegére és alacsony volumenére tekintettel a kibocsátások részletes számszerűsítésétől eltekintünk.

Az üzemeltetési fázis levegőtisztaság-védelmi hatásterülete a telephely területével vehető azonosnak.

4.2.2 Zaj- és rezgésvédelem

4.2.2.1 Telephely zajforrásai

Az üzemeléshez kapcsolódó fő zajforrások az alábbiak:

- Hűtőtorony
- Turbina, generátor
- Szivattyúk

A zajforrások tulajdonságait az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

76. táblázat: A telephely zajforrásai

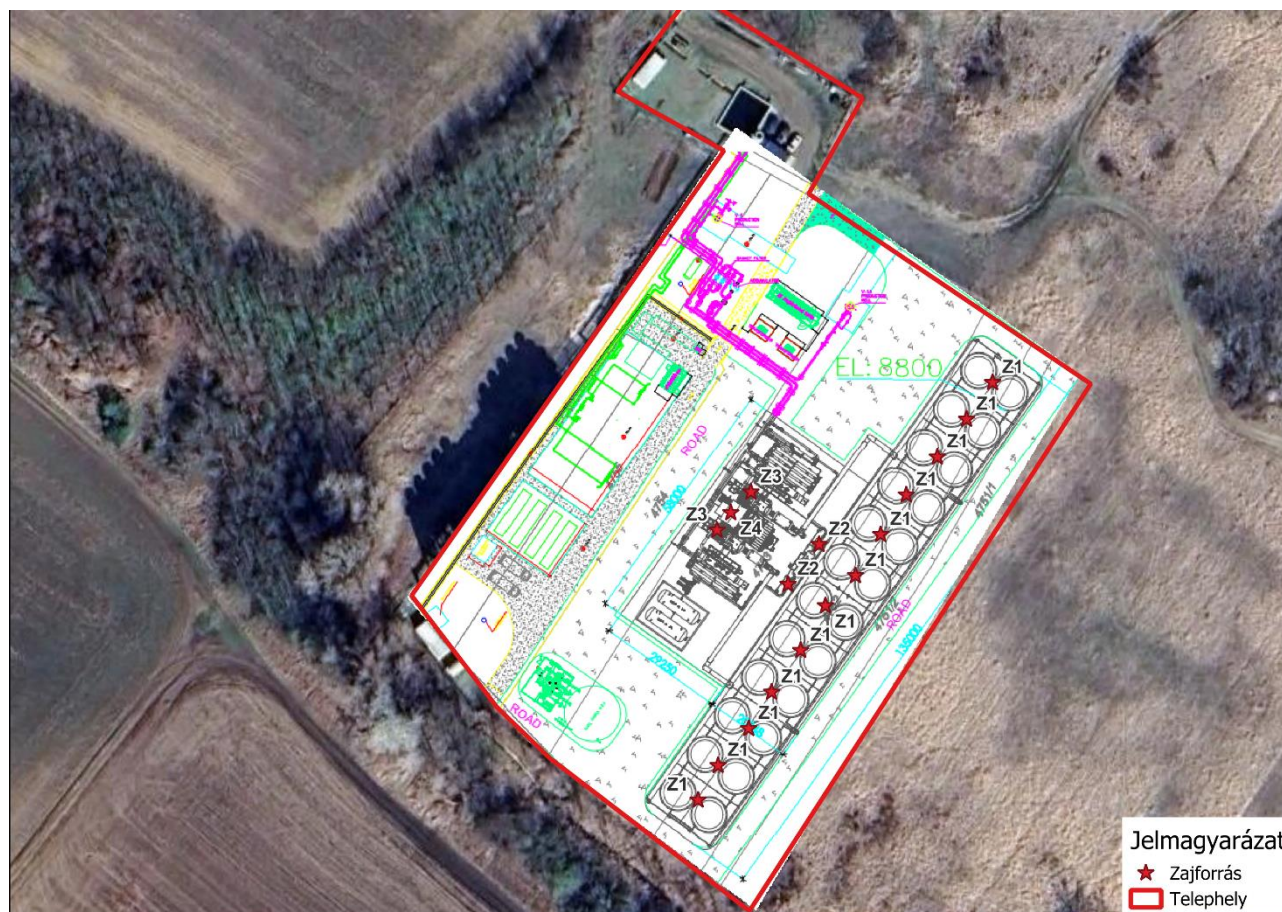
Zajforrás azonosító	Megnevezés	darab	Telepítési magasság	Üzemidő	LW dB(A)	Megjegyzés
Z1	Szárazhűtő (1 egység)	12	8 m	0-24	93	1 egység 2 ventilátorral.
Z2	Hűtőközeg szivattyú	2	1 m	0-24	78	-
Z3	Turbina	2	2	0-24	90	-
Z4	Generátor	1	2	0-24	95	-

A zajforrások az üzemelés alatt folyamatosan működnek. A zajforrások elhelyezkedését a 77. ábra szemlélteti.

Az előzetes számítások alapján a hűtőtornyot zajcsökkenteni szükséges, vagy olyan kialakítást kell választani, ami a követelményeket kielégíti.

A további tervezések során az alábbiakat kell figyelembe venni:

- Az egységek köré kürtő + 1 m magasságú zajvédő falat kell kialakítani.
- A zajvédő fal belső oldala hangelnyelő kell legyen.
- Javasoljuk a frekvenciaváltós vezérlés beépítését, így az éjszakai időszakban a ventilátorok sebessége visszaszabályozható és így a zajkibocsátás csökkenthető.



77. ábra: Tervezett zajforrások

4.2.2.2 Telephely által okozott zajterhelés

A hangterjedés számítását CadnaA szoftver segítségével végeztük. A szoftver számítási módusként az MSZ ISO 9613-2 nemzetközi szabványt használja. A szabvány a magyar szabványügyi testület által akkreditált, a számítási módszer a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól szóló 93/2007. KvVM rendeletben és az MSZ 15036 szabványban meghatározott számítási módszerekkel egyenértékű.

A zajterjedés számítását a telephelyhez legközelebb lévő védendő létesítmény előtt 2-m-re felvett, korábban bemutatott megítélési pontokra végezzük el.

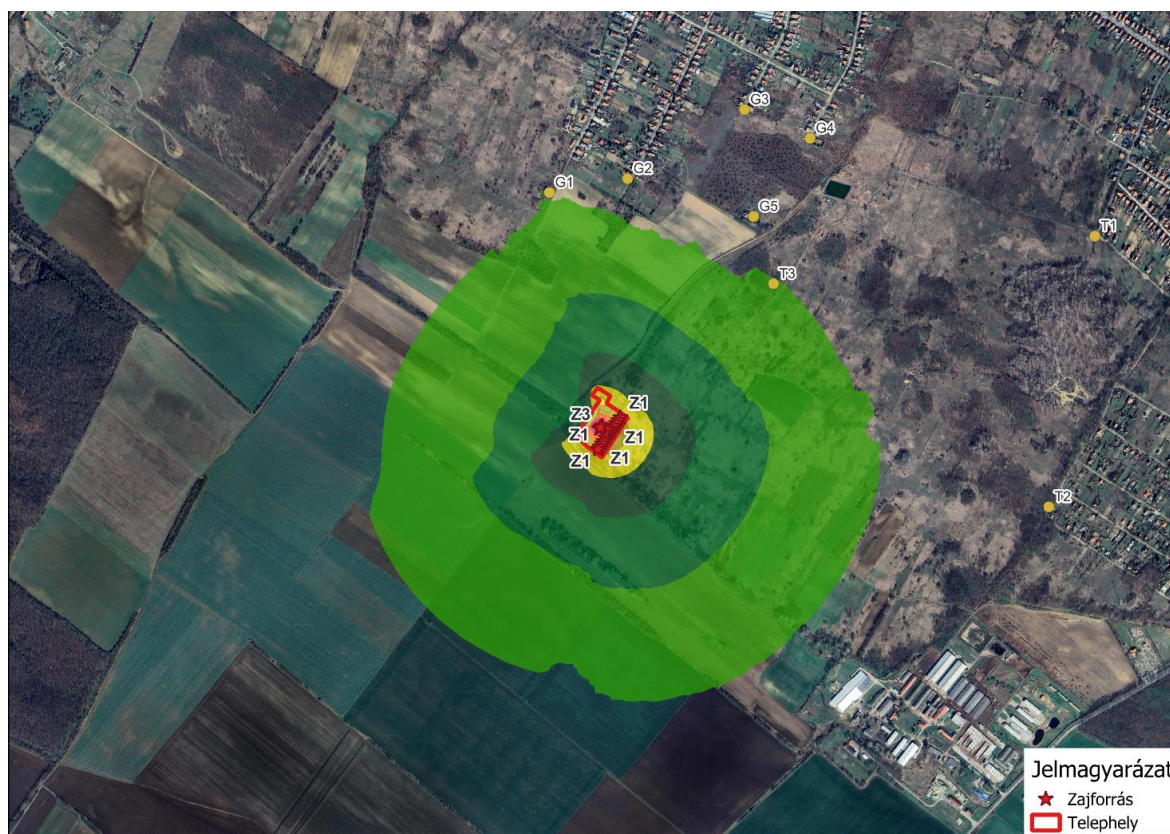
A kapott eredményt a határértékkel összehasonlítva az alábbi táblázatban mutatjuk be, a részletes számítások a **9. melléklet**ben megtalálhatóak.

77. táblázat Vizsgálati pont zajterhelése

Vizsgálati pont	Korábban engedélyezett Megítélési szint, LAM (dBA)		Határérték LTH (dB(A))	
	nappal	éjjel	nappal	éjjel
G1	29,7		50	40
G2	30,1		50	40
G3	25,5		50	40
G4	25,8		50	40
G5	29,5		50	40
T1	21,0		50	40
T2	23,5		45	35
T3	30,1		45	35

Az eredmények alapján látható, hogy a tervezett létesítmény zajterhelése a határértékeknek megfelel.

Az egyedi vizsgálati pontokra történő számításokon kívül elkészítettük a telephely várható zajtérképét, melyet az alábbi ábrán mutatunk be:



78. ábra: Üzemelés zajtérképe

4.2.2.3 Zajvédelmi hatásterület

Közvetlen hatásterület

A 284/2007 (X. 29.) Korm. rendelet 6.§.-a alapján létesítmény zajszempontú hatásterületének határa az a vonal, ahol a zajforrástól származó zajterhelés:

- a) 10 dB-lel kisebb, mint a zajterhelési határérték, ha a háttérterhelés is legalább 10 dB-lel alacsonyabb, mint a határérték,
- b) egyenlő a háttérterheléssel, ha a háttérterhelés kisebb a zajterhelési határértéknél, de ez az eltérés nem nagyobb, mint 10 dB,
- c) egyenlő a zajterhelési határértékkel, ha a háttérterhelés nagyobb, mint a határérték,
- d) zajtól nem védendő környezetben - gazdasági területek kivételével - egyenlő a zajforrásra vonatkozó, üdülőterületre megállapított zajterhelési határértékkel,
- e) gazdasági területek zajtól nem védendő részén nappal (6:00-22:00) 55 dB, éjjel (6:00-22:00) 45 dB.

A mérési pontok környezetében egyéb, azonos megítélés alá tartozó zajt nem érzékeltünk, ezért háttérterhelésként az alapzaj meghatározása során mért 95%-os statisztikai szintet vettük.

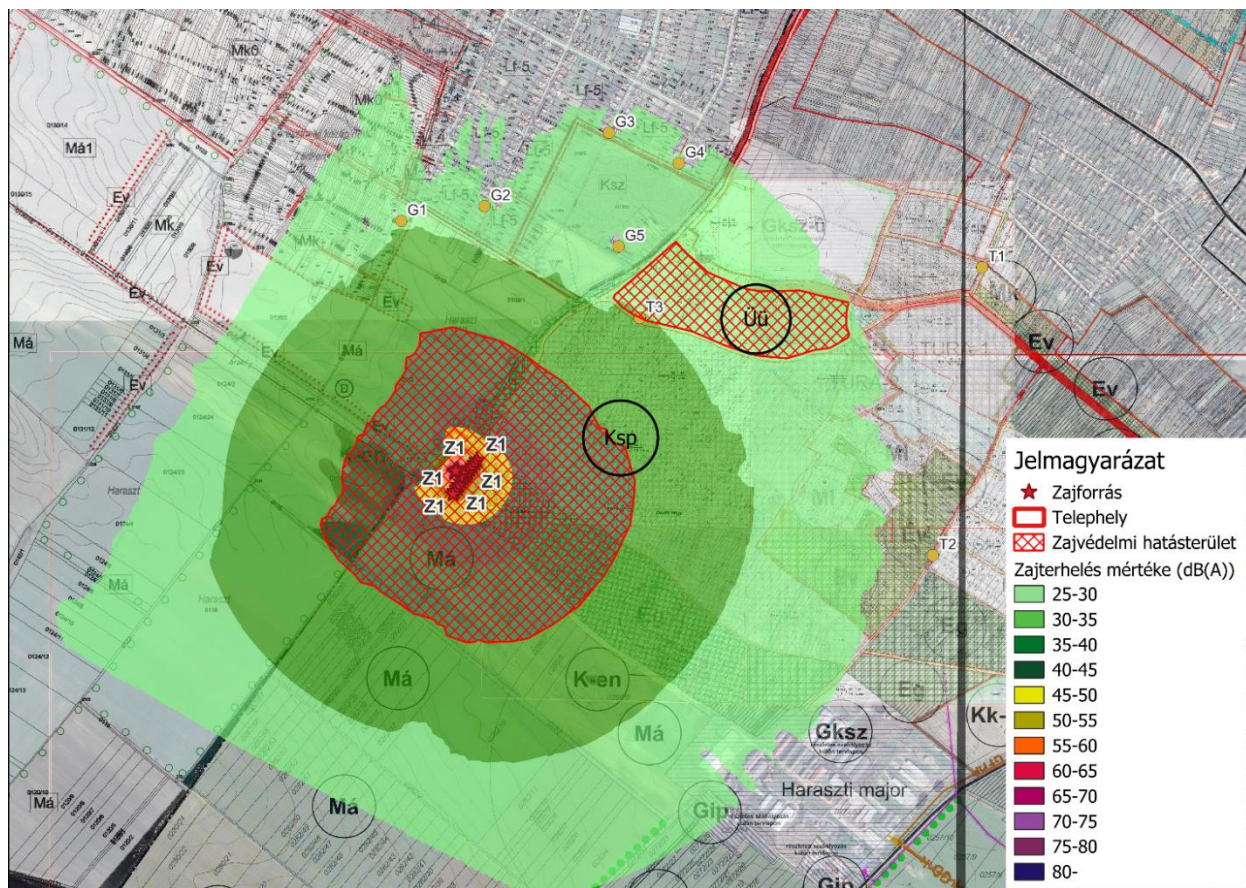
A telephely zajkibocsátása nappali és éjszakai időszakban azonos, ezért a hatásterületet a legnagyobb kiterjedést adó éjszakai időszakra határozzuk meg.

Mindezek alapján az egyes irányokban a következő követelményeknek kell teljesülnie:

78. Táblázat: Hatásterületi követelmények nappal

Terület	Hatásterület határa dB (A)				
	a	b	c	d	e
Üdülőterület	25	24	35		
Falusias, kertvárosias lakóterület, oktatási intézmények területe	30	27	60	-	-
Gazdasági területek	-	-	-	-	45
Zajtól nem védendő terület	-	-	-	35	

A zajvédelmi hatásterületet az alábbi ábrán mutatjuk be:



79. ábra: Zajvédelmi hatásterület

Az ábrán látható, hogy a zajvédelmi hatásterület a telephelytől északra lévő üdülőterületet érinti.

Közzetett hatásterület

A környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól szóló 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet alapján:

7. § (1) Új tevékenység telepítéséhez és megvalósításához szükséges szállítási tevékenység hatásterülete az a szállítási útvonalakkal szomszédos, zajtól védendő terület, amelyen a szállítási, fuvarozási tevékenység legalább 3 dB mértékű járulékos zajterhelés-változást okoz.

A telephely forgalma a 3105. sz. utat, majd M3 autópályát érinti. Az érintett utak közül a legalacsonyabb forgalommal a 3105. sz. út rendelkezik, ezért a vizsgálatot erre az útszakaszra végezzük el.

A létesítés során. napi 5 tehergépjármű oda-vissza forgalmával számolunk, kizárólag a nappali időszakban.

Az érintett útszakasz forgalomszámlálási adatokat a Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2024 szeptemberében nyilvánosságra hozott Az országos közutak 2023. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma, az országos közúthálózat átlagos napi forgalma összesítő táblázatok (országos és kezelőnkénti bontás) c. kiadványából adtuk meg.

79. táblázat: Az érintett útszakasz forgalmi adatai

Járműkategória	ÁNF (átlagos napi forgalom)
	3105.sz. jelű fő út 7+ 859 km szelvény
Személygépkocsi és Kis tehergépkocsi	4924
Szóló autóbusz	146
Csuklós autóbusz	7
Szóló tehergépkocsi	117
Pótkocsis szerelvény	12
Nyerges	51
Motorkerékpár	91

Az adatok alapján az út forgalma 5348 jármű naponta. Részletes számítások nélkül is belátható, hogy a napi 1-2 teherautó és 1-5 személyautó érzékelhető változást a jelenlegi forgalomban nem okoz.

4.2.2.4 Telephely rezgésterhelése

Az emberre ható rezgés vizsgálati küszöbértékei és terhelési határértékeit a a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet 5. melléklete alapján a következő táblázatban mutatjuk be:

80. táblázat Rezgésterhelési határértékek

Sor-szám	Épület, helyiség		Rezgésvizsgálati küszöbérték* (mm/s ²)	Rezgésterhelési határértékek* (mm/s ²)	
			A0	AM	Amax
1	Rezgésre különösen érzékeny helyiség (pl. műtő)		3,6	3	100
2	Lakóépület, üdülőépület, szociális otthon, szálláshely-szolgáltató épület, kórház, szanatórium lakó- és pihenőhelyiségei	nappal 06-22 óra	12	10	200
		éjjel 22-06 óra	6	5	100
3	Kulturális, vallási létesítmények nagyobb figyelmet igénylő helyiségei (pl. hangversenyterem, templom), a bölcsőde, óvoda foglalkoztató helyiségei, az orvosi rendelő		12	10	200
4	Művelődési, oktatási, igazgatási és irodaépület nagyobb figyelmet igénylő helyiségei (pl. tanterem, számítógépterem, könyvtári olvasóterem, tervezőiroda, diszpécserközpont), a színházak, mozik nézőterei, a magasabb komfortfokozatú szállodák közös terei		24	20	300
5	Kereskedelmi, vendéglátó épület eladó-, illetve vendéglátó terei, sportlétesítmények nézőtere, a középületek folyosói, előcsarnokai		36	30	600

Beruházói adatszolgáltatás alapján az építés és a tevékenység végzése során a 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet 8. §-a szerinti rezgésterhelés-növekedést okozó forrás nem létesül.

A rezgés terjedése a talajban korlátozott távolságra, maximum 100 méterre jut el. A telephely 100 méteres körzetén belül védendő objektum nem található.

A lakóterületek melletti útvonalakon végzett szállítás rezgésterhelést okozhat. Ez a rezgésterhelés a közvetlenül a szállítási útvonal melletti ingatlanokat érintheti.

Az út összes motoros forgalma 5348 jármű naponta. E mellett a forgalom mellett a napi 1-2 db szállítójármű érzékelhető hatást biztosan nem okoz.

Mindezek alapján a jelenlegi rezgésterhelést a várható üzem érdemben nem befolyásolja.

4.2.3 Hulladékgazdálkodás

A technológia zárt, folyamatos üzemvitelénél nem eredményez hulladékot, így elmondható, hogy a tervezett beruházás hulladék kibocsátásának nem jelentős a környezetre gyakorolt hatása, amennyiben azokat megfelelően gyűjtik és kezelik.

A technológia üzemelése során kis mennyiségű veszélyes és nem veszélyes hulladékok képződhetnek a karbantartási munkálatok során, melyek a hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet szerint az alábbi besorolást kapják.

81. táblázat: Az üzemeltetés során várható hulladékok és mennyiségük, kezelésük

Hulladék megnevezése	HAK-kód	Várható mennyiség [kg/év]	Kezelés a helyszínen	Kezelés telephelyen kívül
Veszélyes anyagokkal szennyezett abszorbensek, szűrőanyagok (Olajos textília)	15 02 02*	10	nincs	Átadás Vh kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Papír (csomagolási hulladék)	15 01 01	50	nincs	Átadás hulladék-hasznosítónak
Durva és finom szűrésből származó szilárd hulladék (szűrő maradék)	19 09 01	100-200	nincs	Átadás kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek

A termálkutak területén hulladékgyűjtő nem kerül elhelyezésre, a karbantartás során képződő hulladékokat az aktuális munkát végző vállalkozó a munka végeztével elszállítja és gondoskodik annak hasznosításáról, ártalmatlanításáról.

A karbantartás során esetlegesen képződő folyékony és szilárd hulladék nyilvántartását, a hulladékbirtokosnak a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről szóló 309/2014. (XII. 11.) Korm. rendelet előírásainak megfelelően vezetni kell.

Az üzemelés állandó személyzetet nem igényel, így az üzemelés során települési szilárd hulladék nem képződik.

A karbantartás során a kivitelezővel szemben támasztott alapvető követelmény, a tevékenységéhez kapcsolódó előírásoknak megfelelően a hulladék megfelelő gyűjtése, illetve elszállítása.

Az egyes hulladékáramok újrahasznosításra, kezelésre vagy ártalmatlanításra történő elszállítását minden esetben arra engedéllyel rendelkező szakcéggel kell megoldani.

4.2.4 Felszíni vizek, talajvédelem

A üzemelés időszakában nem történik kibocsátás felszíni vízbe, így a tevékenység felszíni vízre gyakorolt hatása nem érzékelhető.

A tervezett tevékenység üzemelése során nem merül fel felszíni víz érintettsége.

Az üzemelés során az érintett területeken anyagtárolás nem tervezett.

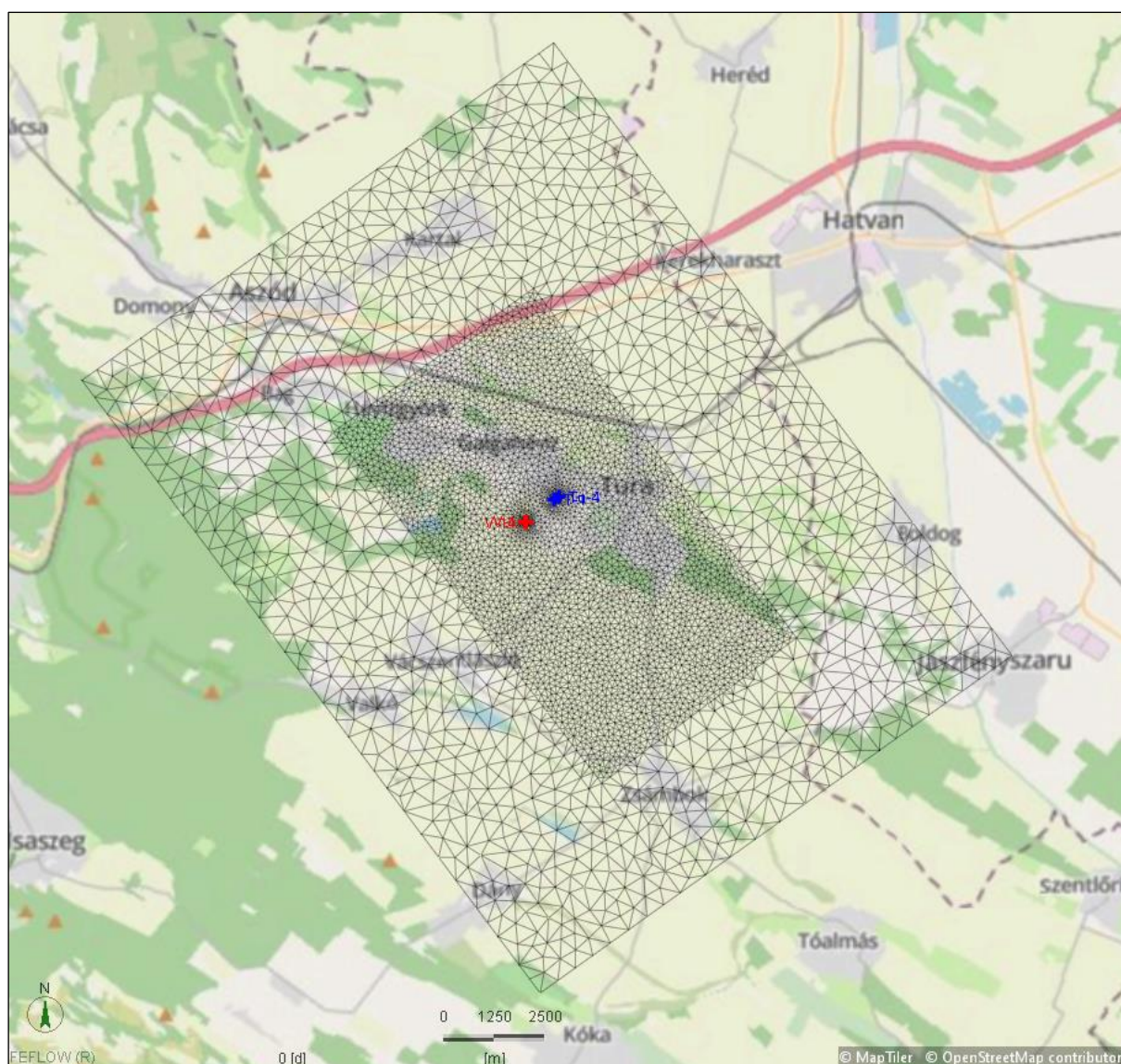
4.2.5 Felszín alatti vízre gyakorolt hatás

A meglévő Turai Geotermikus Erőmű a régióban az első, Magyarországon az eddigi egyetlen villamos áramot termelő geotermikus erőmű. Az erőmű Organic Rankine Cycle (ORC) technológiával termel ~2,7 MW elektromos áramot a közüzemi hálózatra. Építése 2017-ben kezdődött, első szakaszát 2018-ban helyezték üzembe. Eredetileg egy termelő és két visszasajtoló kúttal üzemelt, majd 2020-ban újabb termelőkutat létesítettek. Az új kút termelési paraméterei alapján tervbe vehető volt a geotermikus erőmű kapacitásának bővítése.

A bővítés során a Turawell Befektető és Szolgáltató Kft. új geotermikus erőmű megépítését tervezi a meglévő erőmű mellett. Az új geotermikus erőmű (Tura-2 erőmű) üzembe helyezése után, a jelenleg üzemelő geotermikus erőmű (Tura-1 erőmű) leállításra kerül. Az új geotermikus erőmű a meglévő kutakat fogja használni, új kútfúrásra nem kerül sor.

Jelen dokumentum a tervezett bővítés következtében 25 év üzemelés után a víztározóban várható nyomás és hőmérsékletváltozáshoz tartozó geotermikus hatásterület előzetes körül határolása céljából elvégzett hidrogeológia áramlás és hőtranszport modellezés eredményeit mutatja be.

A vizsgált tervezett üzemeltetés 1000 t/h (278 l/s) termelés/visszasajtolás. A kitermelt és hasznosított termálvíz a visszasajtoló kútban teljes mértékben visszasajtolásra kerül a rezervoárba átlagosan 64°C hőmérsékleten.



80. ábra A modellezés területe a kutakkal

4.2.5.1 Földtani háttér

A rezervoár modell megalkotásának első lépése egy elvi modellkonceptió megfogalmazása a vizsgált tárolórendszerre. Az elvi modell a természeti rendszer fizikai és hidrogeológiai jellemzőinek részleteiben való megértése, melynek célja a természetes rendszert leíró adatok egyszerűsítése és feldolgozása úgy, hogy azokat egy matematikai tározó-modell alapjaként lehessen használni. Az elvi modellkonceptió megalkotásakor meghatározzuk

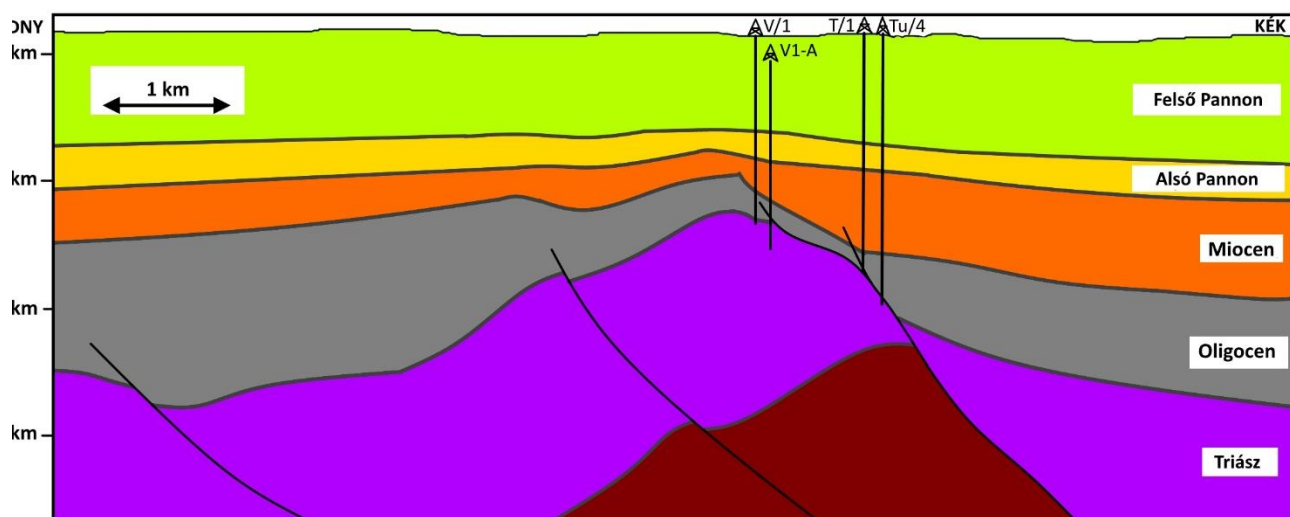
a rezervoár kiterjedését, horizontális és vertikális fizikai határait, a hidraulikai tulajdonságok alapján a tározó hidrosztratigráfiai egységeit (különböző permeabilitású rétegek, fedő, fekü) és a tározó jellemző hő-és folyadékáramlási rendszerét.

A fejlesztési területen geotermikus hasznosítás szempontjából legjelentősebbek a felső triász korú platform karbonátos képződmények, a Dachstein Mészkö és a Földolomit Formáció kőzetei, főként ott, ahol hosszabb ideig felszíni hatásnak, mállásnak és karsztosodásnak voltak kitéve. Az esetlegesen az aljzatra települő eocén korú Szépvölgyi Mészkö Formáció képződményei egységes hidraulikai rendszert alkotnak az aljzat karbonátjaival, így elkülönítésétől eltekintettünk.

A porozitást növelő folyamatok a mállás, a karsztosodás és a tektonika. Kellően ismert térbeli eloszlása a növelt permeabilitással rendelkező zónáknak az aljzati rezervoáron belül jelentős segítséget tud adni a leendő geotermikus fúrás célzónáinak meghatározásához. E tekintetben a karbonátos kőzetek karsztosodott felszíne, és a törékeny, kemény kőzeteken belüli törések jelentik a leginkább permeábilis beáramlási zónát egy kút számára. Tekintettel a fúrás során gyakran tapasztalt teljes iszapvesztésre a kutakban, mely a permeábilis rétegek jó indikátora, valószínűsíthető, hogy a tetőzóna karsztosodása egy általános jelenség a vizsgált területen. A felső-triász platform karbonát formációkban a tárolóképesseget a karsztosodás, a tektonikai mozgások okozta törések, a repedések és üregek adják, melyek jelentős statikus vízkészletet tárolnak. A terület földtani elemeinek kedvező rezervoár-paramétereinek jellemzőit a kutak vizsgálati eredményei igazolták.

A termelőkutak a rezervoárt egy rögszerkezet tetején tárják fel, míg a visszasajtoló kutak jóval mélyebben, a horst szerkezet határoló vetőzónája mentén érték el a vízádot, ami kevésbe, vagy nem karsztosodott. A Tu-4 és T-1 kutak alacsonyabb permeabilitása a V-1 és V-1A-hoz képest valószínűleg ennek köszönhető.

A hőmérséklet-gradiens a karsztos mészkőaljzat tetejét követi, a termelőkutak területe feláramlási zóna, ahol a fluidum a szerkezet mentén áramlik felfelé. Ha a rögt határoló vetők kompressziós eredetűek, akkor nem permeábilisak; ha azonban normál vetők, akkor azok mentén feláramlás lehetséges. A termelő- és visszasajtoló kutak között húzódo vetőt külön elemként beépítettük a modellbe.



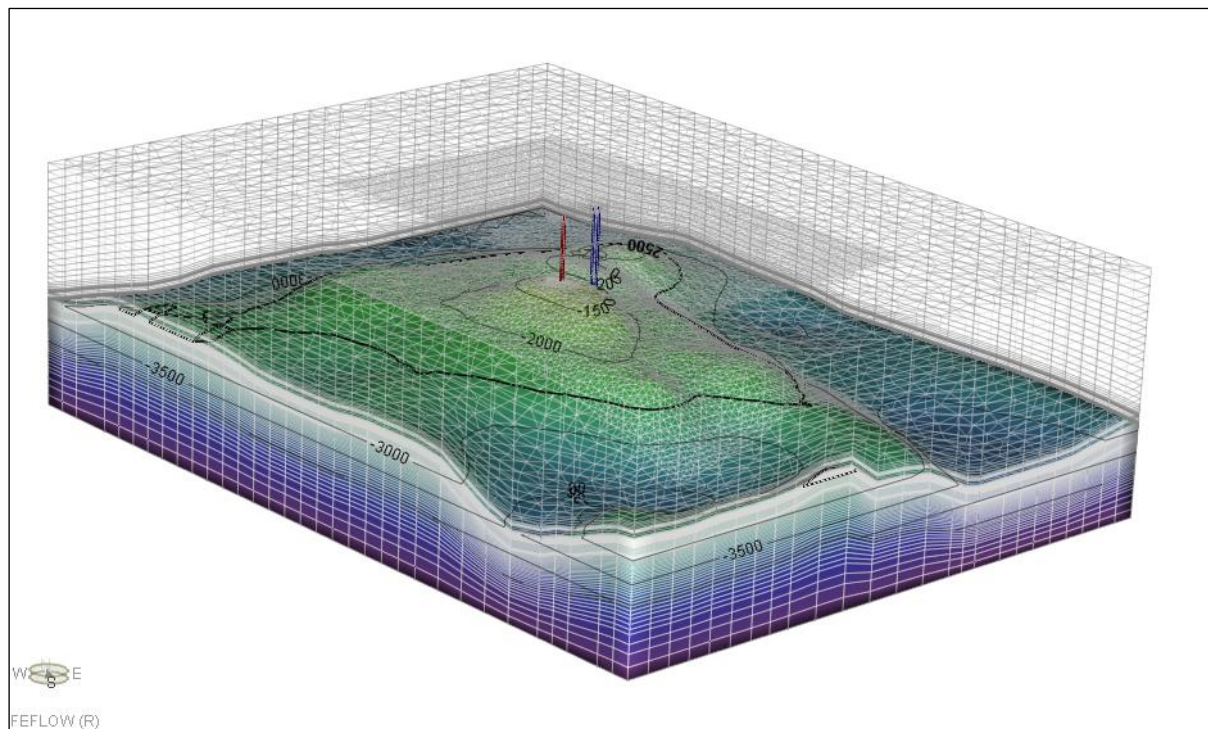
81. ábra Földtani modell a kutakon átmenő NyDNy-KÉK szelvény mentén a VJE-81jelű szeizmika alapján (Mannvit/ Arcticern, 2016)

4.2.5.2 Modellhatárok

Horizontális határok

A modellezést egy kb. 14,5 km x 19 km ~275 km² kiterjedésű területre történt, a modell középső, a vizsgált folyamatok által leginkább érintett részén a modellháló tízszeres besűrítésével. A modell terjedelme biztosítja, hogy a modellhatárok kellő távolságban helyezkednek el ahhoz, hogy az áramlási teret csak elhanyagolható mértékben

befolyásolják. A modellhatárokat nem célszerű sem indokolatlanul közel, sem túl távol elhelyezni. A határok reális távolságra helyezésével a végtelen tér viselkedését közelítjük: így a számítási tartomány középső részén kapott eredmények egyre kevésbé „érzik” a peremet. Mivel a hatások időben és térben elhalnak, a távoli perem befolyása a vizsgált zónában gyakorlatilag szinte nullára csökken, ezért nincs mesterséges visszaverődés vagy idő előtti eltűnés. Ha a modell nagyobb, mint a folyamatok jellemző hatótávolsága, akkor a belső kimenetek a végtelen tartomány megoldásához konvergálnak, vagyis az eredmények peremfüggetlenné válnak.



82. ábra A modellezett terület (modellháló (szürke), kútópár (piros és kék jelölők) a rezervoárfelszín szintvonalainál

Vertikális felosztás

A modell vertikális felosztása, a pretercier aljzat szinttérképe a fúrási rétegsorok, a szeizmikus mérések, valamint a területtel foglalkozó szakirodalom adatai alapján történt. A pretercier földtani szinttérkép alapjául a fúrési és szeizmikus adatokon felül a MOL (2013)[21]. *Monori* zárójelentésében található aljzat szinttérkép szolgált.

A 80. ábra a VJE-81 jelű szeizmikus szelvény értelmezése alapján kapott NyDNy-KÉK csapású szelvény a hidrogeológiai legfontosabb földtani egységeket, mint hidrosztratigráfiai csoportokat mutatja be. A modellben alkalmazott hidraulikai paraméterek ezekre az egységekre lettek meghatározva.

4.2.5.3 A hidrogeológiai modell

4.2.5.3.1 Hidraulikai és hőtranszport paraméterek

A különböző modellrétegekre alkalmazott hidraulikai paraméterek meghatározása az SZTFH (2024) *földtani, geofizikai és vízföldtani kutatás eredményeit bemutató jelentése* [22], valamint Mádlné (2020) *doktori értekezése* [23] **Error! Reference source not found.**, illetve Szijártó (2019) [24] *Budai termálkarsztra* vonatkozó munkája figyelembevételével történt. A termelő- és visszasajtoló kutak között húzódó vetőzóna külön elemként szerepel a modellben.

A modellben használt értékek a szakirodalmi adatokból kiindulva, az érintett kutakon elvégzett kútvizsgálatok, valamint az egymásra-hatás-vizsgálat eredményei alapján lettek definiálva (lásd 82. táblázat).

82. táblázat A modell hidrosztratigráfiai rétegei és az alkalmazott hidraulikai paraméterek

Hidrosztratigráfiai egység	K _x -K _y [m/s]	K _z [m/s]	Porozitás [%]
Felső pannon és fiatalabb	5E-06	1E-06	10
Alsó Pannon	1E-07	5E-08	3
Miocén	1E-07	5E-08	4
Oligocén	1E-07	5E-08	3
Triász karbonát általában	1E-05	5E-06	8
Karsztosodott triászkarbonát	5E-05	1E-05	10
Kompressziós vetőzóna a Turai rög keleti oldalán	1E-07	1E-06	5
Triásznál idősebb mélymedence képződmények	1E-09	1E-09	2

4.2.5.3.2 Numerikus modell

A modellezés első fázisában meghatározásra kerül, hogy a vizsgált folyamat milyen elméleti földtani koncepcióval írható le. Ezt követően felépítjük a vizsgált térrész 3D geometriáját, definiáljuk a hidrogeológiai egységek térbeli elhelyezkedését, a hidrodinamikai és transzportparamétereket, valamint a peremfeltételeket. A szivárgás- és hőtranszportfolyamatokat egyenletrendszereinek numerikus megoldása történhet véges differencia- vagy végelelem-módszerrel.

A modellezést a véges elemes módszert használó Feflow 10 szoftverrel végeztük. A széles körben alkalmazott szoftver kiválóan alkalmas háromdimenziós permanens vagy tranziens folyadékáramlás, transzport folyamatok és hőáramlatok numerikus szimulációjára. A kialakított modellter kellően finom és minőségi hálóra (elemekre) van diszkrétizálva annak érdekében, hogy a numerikus megoldás konvergáljon. A számítás hatékonyságának és pontosságának növelésére a fő hidrogeológiai rétegeket szükség szerint további, vékonyabb numerikus alrétegekre bontandók, biztosítva a kulcszónák megfelelő felbontását és a megoldás stabilitását.

A numerikus paraméterek: PARDISO-Parallel Direct Solver, Euklideszi L2 integral (RMS) norm hiba tolerancia, időlépcsőnként maximum 12 iteráció.

A lehatárolt modell terület ~275 km², a modell 126 numerikus rétegre osztott, minden réteg 7240 csomópontot tartalmaz és 14 362 elemből épül fel.

4.2.5.3.3 Peremfeltételek

Az áramlás peremfeltételei

A kútteljesítmény vizsgálat szabadkifolyásos üzemmód mellett történt, a kutaknál szabad kifolyást tapasztaltak, kb. +50 m-es felszín feletti nyugalmi vízszinttel. Homogén áramlási teret feltételezve a kezdeti, természetes állapotú nyomás szintet adott nyomású (felszín felett +50 m), hidraulikus emelkedési magasságként rendeltük hozzá, mint Dirichlet (1. típusú) peremfeltétel. Az oldalsó és alsó határokon nem feltételeztünk hozzááramlást.

Geotermikus paraméterek

A kezdeti, természetes állapot beállításához Dirichlet (1. típusú) peremfeltétellel adtuk meg a modell felszínének hőmérsékletét az évi középhőmérséklettel (11°C), illetve a modell alján -5500 m-ben az SZTFH Budai termálkarsztos munkája alapján az 105 W/m² hőfluxus peremmel. A fluidum fajhő, hővezető képesség értékei a szoftver alapértelmezett értékei. A kőzetekre alkalmazott fajhő 2-4 MJ/m³/K; a hővezető képesség 1.2-3 J/m/s/K közötti értékek.

Termelési határfeltétel

A több szakaszban megnyitott, több numerikus rétegen is átnyúló termelés / visszasajtolás szimulálására az ún. Multilayer Well (MLW) határfeltételt alkalmaztuk a modellben. A numerikus megvalósítás az alsó kútsomóponton értelmezett termelés/visszasajtolás és a szűrő intervallum mentén futó lineáris diszkrét elem (LDFE) kombinációja, amely a kútgeometriából származtatott tulajdonságokkal írja le az áramlást. Az alkalmazott módszerrel a termelés/visszasajtolás következtében a rezervoárt ért terhelés kellő pontossággal szimulálható, így a hatásterület nagy biztonsággal meghatározható. A kútsomópontokra számított nyomásértékek tervezési adatként kellő mérlegelés után nagyságrendi becslésként azonban használhatók, kúton belüli viszonyokról is közelítő számítást ad.

4.2.5.3.4 Modellfuttatás

Vizsgált termelési szcenárió

A projekt 2 termelő (V-1 és V-1A) és 2 visszasajtoló (Tu-4 és T-1) kutakból áll, a kutak vertikális kialakításúak. A termelőkutak egymástól kb 40 m, a visszasajtoló kutak kb. 140 m helyezkednek el. Az azonos funkciójú (termelő kutak-visszasajtoló) kútsoportok közti távolság a kb. 900 m.

A kutak a Triász karbonátos összlet vízkészletét hasznosítják. A hasznosítás célja geotermikus áramtermelés.

A vizsgált periódus 25 év. A maximális üzemi hozam meghatározása több órán keresztül végzett termeltetés adatain alapul. A gépészeti tervezési alapadatok alapján az üzemeltetés 1000 t/h (278 l/s; 24 000 m³/nap) hozamú termeléssel és visszasajtolással történik majd. A kitermelt és hasznosított termásvíz a visszasajtoló kútban teljes mértékben visszasajtolásra kerül a rezervoárba 64°C hőmérsékleten.

- Termelés/visszasajtolás: folyamatos 193+85 l/s;
- Visszasajtolási hőmérséklet: 64°C
- Termelőkutak: V-1 és V-1A
- Visszasajtoló kutak: Tu-4, T-1

83. táblázat Modellezett termelési és visszasajtolási hozam

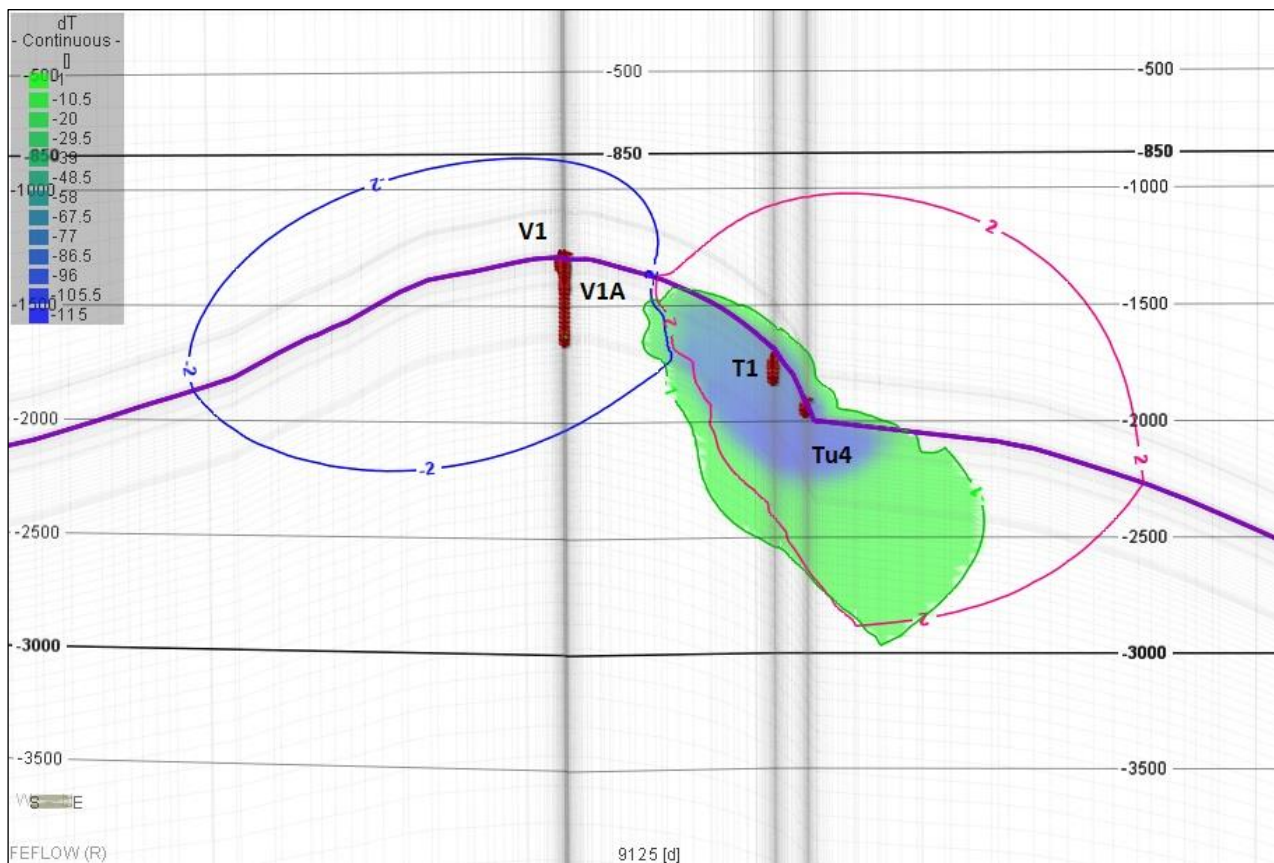
	Termelés		Visszasajtolás	
	V-1	V-1A	T-1	Tu-4
Hozam	85 l/s	193 l/s	193 l/s	85 l/s
Összesen	278 l/s		278 l/s	

4.2.5.3.5 Eredmények-hatásterület

A projekt modellezése alapján a 25 év folyamatos termelés/visszasajtolás mellett a +/- 0,2 bar nyomásváltozás, illetve az 1°C-os hőmérsékletváltozás által érintett térrészt a kutakon átmenő közel K-Ny irányultságú vertikális szelvényen a 83. ábra mutatja be. A szelvény nyomvonalát a 84. ábra mutatja.

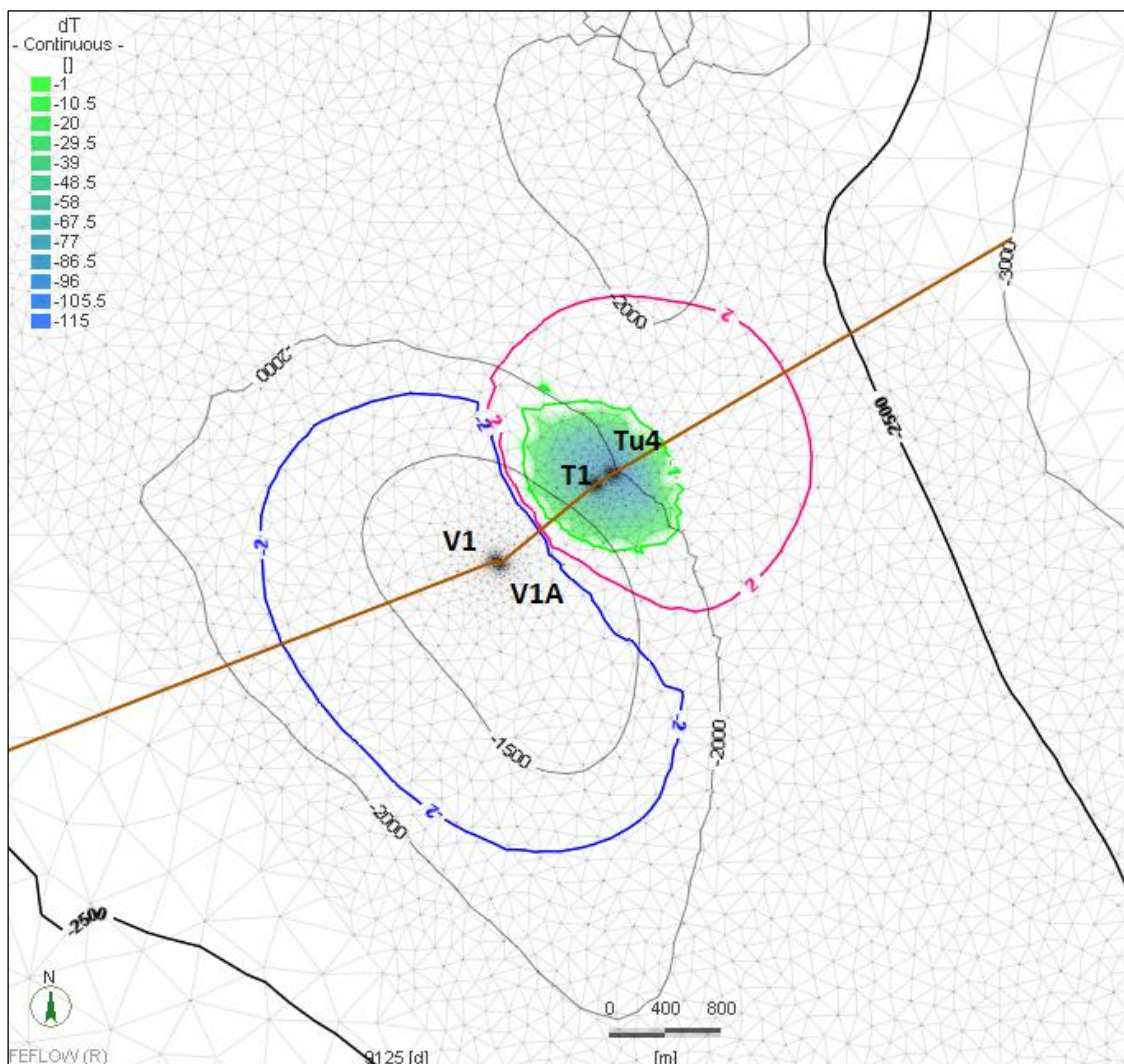
A modellezés alapján a vizsgált 25 év alatt nem jelentkezik hűlés a termelőkútban.

A hatásterület által érintett térrész vertikálisan a -850 mBf és -3000 mBf mélységben (terep alatt ~1100 m és 3160 m mélységközben helyezkedik el (83. ábra).



83. ábra: + 0,2 bar (magenta) illetve - 0,2 bar (kék) nyomásváltozás, illetve az 1°C-os hőmérsékletváltozás (zöld)

A $\pm 0,2$ bar nyomásváltozás, illetve az 1°C -os hőmérsékletváltozás által érintett hatásterület horizontális kiterjedését a rezervoár tető szintjében a 84. ábra jeleníti meg. A térképi nézetben a vizsgált paraméterek mélységi eloszlását fekete izo-vonalak jelölik, a vertikális szelvények nyomvonalát barna színű vonal jelöli.



84. ábra: $+0,2$ bar (magenta) illetve $-0,2$ bar (kék) nyomásváltozás, illetve az 1°C -os hőmérsékletváltozás (zöld) a rezervoártető szintjében

Az eredmények alapján 25 év folyamatos, egyenletes hozam melletti üzemelés után a visszasajtolás miatt fellépő hűlés 1°C -os frontja a visszasajtoló kutak kb. $900\text{ m} \times 1400\text{ m}$ átmérőjű körzetében jelentkezik, a termelőkutakat legközelebbben 450 m -re közelíti meg a hűlési front. A modellezés alapján a vizsgált 25 év alatt nem jelentkezik hűlés a termelőkútban. A nyomásváltozás kiterjedése: $0,2$ bar nyomáscsökkenés (kék vonal) kb. $1950\text{ m} \times 3820\text{ m}$ átmérőjű területen mutatkozik; $0,2$ bar nyomás emelkedés (magenta vonal) kb. $2000\text{ m} \times 2350\text{ m}$ átmérőjű területen mutatkozik 25 év folyamatos termelés mellett.

A védőidom vertikálisan a -850 mBf és -3000 mBf mélységközben helyezkedik el, lásd 83. ábra.

4.2.6 Védett területek, épített környezet, tájkép

A vizsgált terület élővilág-védelmi fejezeteit a **11. melléklet** és tájképvédelmi fejezeteit a **12. melléklet** mutatja be.

4.3 FELHAGYÁS HATÓTÉNYEZŐI ÉS HATÁSFOLYAMATAI

4.3.1 Levegőtisztaság-védelem

A telephely felhagyása a létesítés során kialakított erőművi létesítmények bontásával, általánosságban véve a létesítési fázishoz kapcsolódóan munkafolyamatok fordított sorrendben való elvégzésével jár. Ebből adódóan a felhagyási fázis hatásterülete a létesítéséhez hasonló. A felhagyási fázis levegőterhelése – a biztonság javára történő közelítéssel –, a telephelyi bontási területre és az azt körülvevő ~300 m-es sávra, illetve a bontandó vezetékek ~75 m-es környezetére terjed ki.

4.3.2 Zaj- és rezgésvédelem

A telephely felhagyása jelenleg nem tervezett, ennek zajhatása éppen ezért nehezen becsülhető. Azonban a tapasztalatok alapján az esetleges felhagyás okozta zajterhelés a létesítésben bemutatott zajterheléssel megegyezik.

4.3.3 Hulladékgazdálkodás

Az erőmű üzemidejének lejártával a felszíni technológiai egységek leszerelése, a gépészeti berendezések bontása, valamint a terület rekultivációja valósul meg.

A bontási munkálatok során bontási hulladékok képződnek, a betonozott területek elbontásából származó betontörmelékek elszállításra kerülnek. Szennyezett bontási törmelékkel, talajjal nem kell számolni.

A gépészeti berendezések elbontásából, továbbá a bináris rendszerben munkaközegként alkalmazott bután zárt körfolyamatból történő lefejtése során jelentős mennyiségű veszélyes hulladék képződik. Az összegyűlt veszélyes hulladékok arra engedéllyel rendelkező szakségnek kerülnek szerződéses alapon átadásra hasznosítás, illetve ártalmatlanítás céljából.

Abban a naptári évben, amelyben a telephelyen képződött és birtokolt hulladék összes mennyisége először meghaladja a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről szóló 309/2014. (XII. 11.) Korm. rendeletben meghatározott mennyiségeket, az OKIR: EHIR rendszerben teljesíteni kell a hulladékgazdálkodási adatszolgáltatást.

A gépészeti berendezések elbontásából mérsékelt mennyiségben veszélyes hulladékok képződésével kell számolni. Az összegyűlt veszélyes hulladékok arra engedéllyel rendelkező szakségnek kerülnek szerződéses alapon átadásra hasznosítás, illetve ártalmatlanítás céljából.

A bontás során várható hulladékok körét a következő táblázat összegzi.

84. táblázat: A felhagyási fázis során várható hulladékok, mennyiségük, kezelésük

Hulladék megnevezése	HAK-kód	Várható mennyiség	Kezelés a helyszínen	Kezelés telephelyen kívül
Ásványolaj alapú, klórvegyületet nem tartalmazó motor-, hajtómű- és kenőolajok (Fáradt olaj)	13 02 05*	50 kg	gyűjtés	Átadás Vh kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Veszélyes anyagokkal szennyezett abszorbensek, szűrőanyagok (Olajos textília)	15 02 02*	10 kg	gyűjtés	Átadás Vh kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Nyomásálló tartályokban tárolt, veszélyes anyagokat tartalmazó gázok (bután)	16 05 04*	10 t	gyűjtés	Átadás Vh kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Beton	17 01 01	1 t	gyűjtés	Átadás kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek

Hulladék megnevezése	HAK-kód	Várható mennyiség	Kezelés a helyszínen	Kezelés telephelyen kívül
Vas és acél	17 04 05	100 t	gyűjtés	Átadás kezelésre engedéllyel rendelkező szervezetnek
Települési hulladék (kevert települési hulladék)	20 03 01	100 kg	gyűjtés	Átadás közszolgáltatónak

A helyszínen dolgozó emberek révén települési szilárd hulladék képződésével is kell számolni. A szilárd települési hulladék gyűjtésére megfelelő gyűjtőedényzet (5 m³-es konténer, 120 l-es kuka) kerül kihelyezésre.

Az összegyűlt hulladékok engedéllyel rendelkező szakcégnak kerülnek átadásra szerződéses alapon. A hulladék képződése (szállítás, hasznosítás, lerakás) a vonatkozó jogszabályok alapján történik az adott azonosító kód besorolásának megfelelően.

4.3.4 Felszíni- és felszín alatti vizek, talajvédelem

A felhagyás időszakában nem történik kibocsátás felszíni vízbe, így a tevékenység felszíni vízre gyakorolt hatása nem érzékelhető.

A tervezett tevékenység felhagyása során nem merül fel felszíni víz érintettség.

A felszín alatti vízbe, talajba nem történik kibocsátás, a kutakat eltömedékelik, a kútsöveget a felszín alatt néhány méterrel elvágják, a területet pedig rekultiválják. A kút eltömedékeléséhez kutanként 8,5 m³ cement helyszínre szállítása és kútba juttatása szükséges.

4.3.5 Védett területek, épített környezet, tájkép

A vizsgált terület élővilág-védelmi fejezeteit a **11. melléklet** és tájképvédelmi fejezeteit a **12. melléklet** mutatja be.

4.4 ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK

4.4.1 Az üvegházhatású gázok várható kibocsátása

A létesítésből származó, releváns ÜHG-kibocsátás túlnyomó része a geotermikus vezeték építéséhez, illetve a munkaterület kialakításához kötődik. Ennek becsült összmenyisége 410 tonna CO₂.

A termálvíz gáztalanítása üvegházhatású gázok kibocsátásával jár; ennek mértékét az alábbi táblázat tartalmazza. A táblázatban ismertetett számítás során a Vízkutató Vízkémia Kft. 2024.10.31.-i (V1 kút) és 2020.10.17.-i (V-1A kút) vizsgálati jegyzőkönyvében rögzített mérési eredményekből indultunk ki.

85. táblázat: Gáztalanítás során keletkező üvegházhatású gázok mennyisége

GÁZTALANÍTÁS ÜHG-KIBOCSÁTÁS SZÁMÍTÁSA:		V-1			V-1A		
		GVV*	CO ₂	CH ₄ (MVV**)	GVV*	CO ₂	CH ₄ (MVV**)
Mért szeparált gáztartalom	tf%	100	92,54	2,12	100	91,1	1,25
	l/m ³	723	669,1	15,33	924	841,8	11,55
Mért oldott gáztartalom	tf%	100	68,56	0,00	100	99,56	0,015
	l/m ³	19,2	13,16	0,00	838	834,31	0,12
Oldott + szeparált gáztartalom összesen	l/m ³	742	682	15,3	1762	1676	11,7
Tervezett termálvíz hozam	t/h		308			720	
Víz sűrűsége 20 °C-on	t/m ³		0,9982			0,9982	
Kiemelt órai víztérfogat	m ³ /h		307,4456			718,704	
Üzemidő	h/y		8000			8000	
Kiemelt éves víztérfogat	m ³ /y		2 459 564,8			5 749 632,0	
Kiemelt vízzel távozó gáz mennyisége	l/h	228 124,6	209 677,9	4 703,9	1 266 356,4	1 204 547,9	8 408,8
	m ³ /h	228,12	209,68	4,704	1266,36	1204,55	8,409
Molszám 20 °C-on (ideális gáz)	kmol/m ³		4,462E-02	4,462E-02		4,462E-02	4,462E-02
Molsúly	kg/kmol		44,1	16,053		44,1	16,053
Gázemisszió	kg/h		412,6	3,37		2 370,4	6,02
	t/y		3 301,0	26,96		18 963,2	48,19

GÁZTALANÍTÓ TECHNOLÓGIA TELJES ÜHG-KIBOCSÁTÁSA:		
CH ₄	kg/h	9,393
	t/y	75,145
CO ₂	kg/h	2 783
	t/y	22 264

*GVV: fajlagos összes gáztartalom; **MVV: fajlagos összes metántartalom

A következőkben egy 10,5 MW-os földgázerőmű várható ÜHG-kibocsátását becsüljük meg egységnyi villamosenergia-termelésre vetítve, majd a kapott eredményt a geotermikus erőmű számított értékeivel hasonlítjuk össze.

Az összevetés legyen azonos villamosenergia-mennyiségre (MW×óra) és éves üzemre. A 10,5 MW-os geotermikus erőmű kb. 22 660 t/év CO₂e. A földgáztüzelésű referencia esetén a szakirodalomban a teljes életciklus-intenzitás földgázzal működő erőmű esetében ~430–490 gCO₂e/kWh tartományba esik (IPCC/UNECE/NREL összegzések). [18][19][20]

A teljes életciklus-intenzitás azt mutatja meg, hogy egységnyi szolgáltatásra – pl. 1 kWh villamos energiára – vetítve összesen mennyi üvegházhatású gáz (CO₂e) keletkezik a technológia teljes életútja során. Nem csak az üzemi égést/üzemeltetést számolja, hanem minden kapcsolódó lépést.

Éves ÜHG a 10,5 MW-os földgázzal működő erőmű esetén:

Éves termelés 90% kihasználtság mellett:

$$10,5 \text{ MW} \times 8\,760 \text{ h/év} \times 0,90 = 82\,782 \text{ MWh/év.}$$

Életciklus-intenzitással szorozva:

$$430 \text{ gCO}_2\text{e/kWh} \rightarrow 0,430 \text{ t/MWh} \times 82\,782 = 35\,596 \text{ t/év CO}_2\text{e}$$

$$490 \text{ gCO}_2\text{e/kWh} \rightarrow 0,490 \text{ t/MWh} \times 82\,782 = 40\,563 \text{ t/év CO}_2\text{e}$$

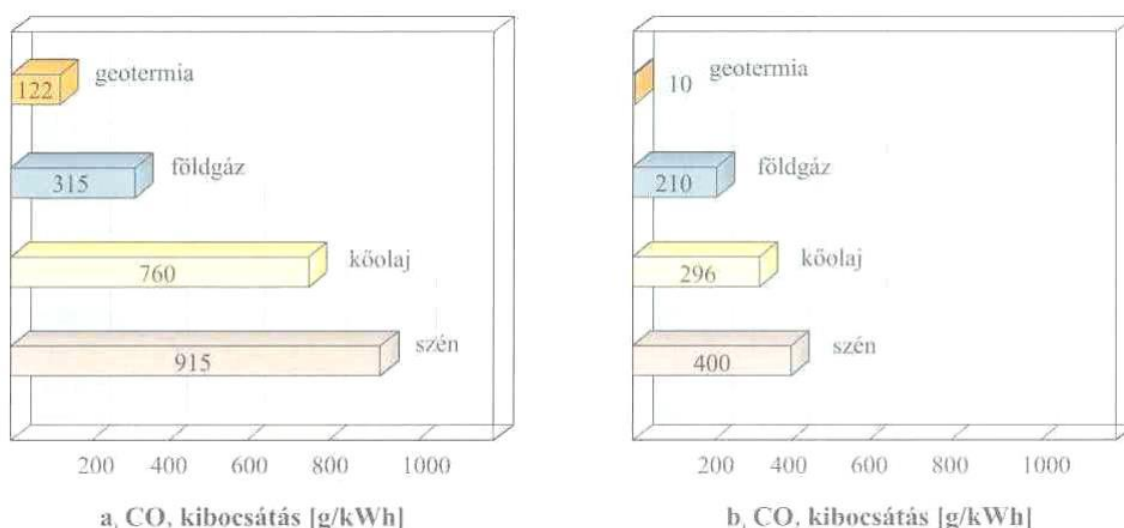
A vizsgált geotermikus erőmű teljes életciklusú ÜHG-mérlegét a kísérőgáz magas CO₂-tartalma dominálja: az éves CO₂e-kibocsátás $\approx 98\text{--}99\%$ -át ez adja. Az egyéb üzemelési források együttes hozzájárulása $<2\%$, míg a létesítés egyszeri, 410 tCO₂ nagyságrendű terhe 15 éves időtávon évi $\sim 0,1\%$ -ot képvisel. A projekt éves ÜHG-terhelését döntően ($\approx 99\%$) a kísérő CO₂ határozza meg. A CH₄ és minden más (létesítés, logisztika, stb) elhanyagolható jelentőségű a fő tételhez képest.

A fentiek alapján azonos energiamennyiség mellett a földgázzal működő erőmű életciklus-kibocsátása jellemzően 23,7–40,6 kt/év CO₂e, ami meghaladja a geotermikus erőmű által kibocsátott értéket (22,3 kt/év).

4.4.2 Alkalmazkodási intézkedések, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, illetve ellentételezését szolgáló intézkedések bemutatása

Szakirodalomként MÁDLNÉ SZŐNYI J. (2006): A geotermikus energia, készletek, kutatás, hasznosítás c. anyagát használtuk fel:

„A geotermikus energia felhasználásával konvencionális energiahordozókat válthatunk ki, ezért alkalmazása környezetkímélő, nem jár levegőszennyezéssel. Társadalmi előny, hogy az áram és távfűtési hő termelésével járó emisszió, azaz a széndioxid és mechanikai szennyezőanyagok légtérbe való kibocsátása megszűnik, illetve minimálisra csökken. Amennyiben szilárd energiahordozót váltunk ki geotermiával, akkor a környezet mentesül a salakdepóktól és azok minden, környezetre ártalmas hatásától is.



85. ábra: Jellemző CO₂ kibocsátási értékek működő a) elektromos- és b) hőerőműre különböző energiahordozók alkalmazása esetén

A geotermikus energiatermelés kevés környezeti emisszióval üzemelő, hulladékszegény technológia, a termálkutak és a kapcsolódó gépészeti rendszer üzemelése során légszennyező anyag kibocsátás nem várható, a rendszerhez (az üzemeltetési fázisban) pont-, vonal-, vagy diffúz légszennyező forrás nem tartozik.

A termálkúthoz kapcsolódóan megjelenő egyetlen légkört érintő terhelő folyamat a kitermelés utáni gáztalanítás során a folyadékból kiváló gázkibocsátás.

A V-1 és V-1A termálkutak gázvizsgálati jegyzőkönyvének eredményeit a 85. táblázat tartalmazza. E szerint a geotermikus fluidum szeparálható gáztartalmának jelentős hányada szén-dioxid (91–95 %) 0,6–2 % metán, a fennmaradó rész pedig nitrogén, illetve oxigén.

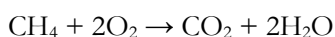
Az üzemelés során a termálvízzel felszínre kerülő kísérőgáz „kezelésére” a következő lehetséges alternatívák adódnak:

1. A leválasztott gáz elengedése a légkörbe

A leválasztott gáz e megoldás megvalósítása során a leválasztást követően elengedésre kerül az atmoszférába. Becslés alapján a várható éves metán mennyiség 75,1 t/év, ami a metán GWP értékét 28-nak véve (IPCC, Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Cambridge University Press, 2013) ~2100t/év CO₂ egyenértékkel feleltethető meg. A kitermelt gáz várható szén-dioxid tartalmát is figyelembe véve a teljes CO₂ egyenérték mintegy 24364 t/év, azaz kezelés nélkül az elengedett gáz ennyi CO₂ egyenérték légkörbe jutását eredményezné.

2. A leválasztott gáz elfáklázása

A metánból származó CO₂ egyenérték a legegyszerűbben fáklázással csökkenthető. A metán égése a következő képletnek megfelelően zajlik:



A sztöchiometria alapján, 90%-os hatásfokú égést feltételezve a metán és a maradó szén-dioxid CO₂ egyenértéke a fáklázással az alábbi számítások alapján mintegy 7%-kal csökkenthető a rendszer ÜHG-kibocsátása.

A fáklázás hatása (90%-os égéshatékonyságot és GWP₁₀₀(CH₄)=28-at feltételezve):

A) Kiinduló helyzet (elengedés):

- Metán: 75,1 t/év CH₄ → 2 102,8 t/év CO₂e
- A gázban lévő CO₂: 22 264 t/év CO₂
- Összesen: 24 366,8 t/év CO₂e

B) Fáklázás (90% égés):

- Elégetett CH₄: 0,9×75,1 = 67,59 t/év CH₄
- CO₂-képződés: 67,59×(44/16) = 185,87 t/év CO₂
- Nem elégett CH₄: 0,1×75,1 = 7,51 t/év CH₄
- CO₂e: 7,51×28 = 210,28 t/év CO₂e
- Eredendő CO₂ a gázban: 22 264 t/év CO₂

C) Fáklázás utáni összes kibocsátás:

- 22 264 + 185,87 + 210,28 = 22 660,15 t/év CO₂e
- (≈ 22 660 t/év CO₂e)

Eredmény: a rendszer kibocsátása a fáklázással kb. 1 706 t/év CO₂e-vel csökken (24 366,8 – 22 660,15 = 1 706,65 t/év CO₂e), azaz ~7% mérséklés.

Az érintett környezetre való tekintettel problémát jelenthetnek ugyanakkor a fáklyázás másodlagos hatásai (fény és hőhatás), valamint a felmerülő biztonságtechnikai szempontok. Jelentős mennyiségű metán esetén a fáklyázás lehetősége inkább csak elméleti, reális alternatíva a hasznosítás lehet. Kisebb mennyiségű, gazdaságosan nem hasznosítható metán kezelésére ugyanakkor ideális megoldás lehet.

3. A leválasztott gáz energiatartalmának hasznosítása

A termálvízzel felszínre kerülő metán hasznosítása Magyarországon bevett gyakorlat, a kísérőgáz hasznosítására gázmotor vagy mikrogázturbina létesíthető, a megtermelt elektromos energia szivattyú üzemeltetésére használható, vagy a villamos hálózatra táplálható.

A termálvíz kísérőgázban lévő metán tartalom energetikai hasznosítása függ a metán abszolút mennyiségétől, a kút termeltetésének ütemétől, illetve a metán és a nem éghető gázok arányától. A pontos értékek hiányában csak durva becslést lehet alkalmazni a felhasználhatósággal kapcsolatban, mindenestre 200 l/m³ metántartalom alatt, illetve 60%-nál kisebb metán részarány alatt az **energetikai hasznosítás általában nem gazdaságos**.

4.4.3 Annak számításokkal alátámasztott bemutatása, hogy a tervezett tevékenység hogyan érinti az üvegházhatású gázok megkötését vagy növényzet általi elnyelését

A geotermikus erőmű tervezett létesítési helye kivett, zártkerti ingatlanokon található. Az ingatlan-nyilvántartás szerinti „kivett” minősítés alapján a terület nem áll mezőgazdasági művelés alatt; földvédelmi eljárás/termőföld más célú hasznosítása nem szükséges.

Felszínborítás és beavatkozási terület.

A kivitelezéshez kapcsolódó végleges területfoglalás mintegy 1,1 ha. A felszínborítás jelenlegi állapotából következően (vegyes zártkerti használat) összefüggő faállomány/erdő kivágása nem várható, csupán korlátozott növényzet-eltávolítás a munkaterületen. A talajvédelmi követelményeket (humuszréteg külön kezelése, visszaterítés) a rekultivációs terv rögzíti.

Környezeti és éghajlati szempontok a helyszínválasztásban.

A zártkerti, kivett státusz minimalizálja a szén-nyelő területek (erdő, jó állapotú gyepek, vizes élőhelyek) igénybevételét; a beavatkozás elsősorban alacsony ökológiai értékű felszínre koncentrál. A kivitelezés idején jelentkező ideiglenes növényzeti veszteségek helyreállítása humusz-visszaterítéssel és füvesítéssel/ültetéssel történik.

Összegzés.

A tervezett tevékenység kivett, zártkerti földön, meglévő infrastruktúra közelében valósul meg; a területhasználati megfelelés mellett nincs szükség termőföld-kivonásra, az érintett növényzet csökkenése korlátozott és visszaállítható. A helyszínválasztás ezzel csökkenti a környezeti és éghajlati kockázatokat, és illeszkedik a dokumentáció ÜHG fejezetében rögzített minimalizálási és rekultivációs intézkedésekhez.

5 Környezetterhelést okozó balesetek, meghibásodásokból adódó hatótényezők

5.1 Kivitelezés szakaszához kapcsolódó nem várt események elhárítása

A kivitelezés időszakában a balesetek elhárítását célzó műveleteket általában helyben rendelkezésre álló szerszámokkal és eszközökkel - lapátok, ásók, teherjárművek, felítató anyagok, stb. - célszerű végrehajtani. A kiáramlott szennyezőanyagok összegyűjtését - megakadályozandó azok természetbe való jutását, további közegek szennyezését - szivattyúval, illetve felítató anyagokkal célszerű minél hamarabb megkezdeni.

Teendők folyékony szennyezőanyagok környezetbe való kijutása esetén

- Azonnali beavatkozás és intézkedés.
- Kiáramló folyadék forrásának megszüntetése (pl.: szivattyú leállítása, felborult tartály felállítása, réspeedés betömése), amennyiben az munkabiztonsági szempontból nem jelent nagyobb kockázatot.
- A folyadékok (potenciális szennyezőanyagok) terjedésének megakadályozása, lassítása a kiáramlási ponthoz lehető legközelebb (lokalizálás).
- Folyékony szennyező anyagok élővízbe, illetve csatornába jutásának megakadályozása.
- A lehatárolt folyadékokat megfelelő tartályokba gyűjtése, lehetőség szerint szivattyúval vagy kézi segédeszközzel (lapát, vödör, merítő, stb.), tárolás.
- A szivattyúval nem összegyűjthető mennyiséget a kiömlött folyadékok minőségének, mennyiségének, illetve fajtájának megfelelő felítató anyagokkal kell összegyűjteni.
- A szennyezett felítató anyagokat (pl.: homok, betonit, cement por) folyadékszűrő edényzetben (hordó, tartály, stb.) össze kell gyűjteni és megfelelő ártalmatlanításukról gondoskodni kell.
- Értesíteni kell az illetékes hatóságokat.

5.1.1 Lokalizációs terv

Kiszabaduló olaj és szennyező folyadékok esetén a szennyező forrás és a már szabadba jutott potenciális szennyezőanyag elé és köré ideiglenes föld-, homok töltést kell kialakítani a szennyezés továbbterjedésének megakadályozására. Burkolt felületek szennyeződése esetén, a talaj szennyeződésének megelőzése érdekében a szennyező forrást és a már kiszabadult potenciális szennyezőanyagok felítató hurkákkal, lapokkal, illetve bentonit vagy cement porral kell körbe keríteni.

A szennyező anyagok legközelebbi csatornába és felszíni vizekbe való folyását azonnal meg kell akadályozni töltésekkel, homokzsákokkal vagy elvezető árkokkal. Célszerű minden töltést vagy árkot felítató lapokkal vagy hurkákkal körülvenni vagy befedni az építmények olaj vagy vízálló képességeinek növelése érdekében. Bentonitot, cementet és más felítató porokat is használni kell a kiömlött folyadékok felítására.

Tartályok, hordók sérülése esetén a keletkezett nyílást ideiglenesen le kell zárni és gondoskodni kell a tartályban maradt anyag ép tároló edényzetbe történő biztonságos leürítéséről, átfertéséről.

Csővezetékek sérülése esetén a hálózat szakaszolását el kell végezni. A sérüléshez legközelebb eső elzáró szerkezetet kell használni. A sérülés helyét átmenetileg el kell zárni és a sérült szakaszban visszamaradó anyag biztonságos leürítéséről gondoskodni kell.

Illetéktelenek távoltartása

A geotermikus erőmű létesítményei részére biztonsági műszaki védelem és távfelügyeleti védelem kerül kialakításra.

Az esetleges havária események bekövetkezésének helyszíne, valamint a szennyezéssel érintett területek körülhatárolása szalagkorláttal, mobil kerítéssel és jelzések kihelyezésével, továbbá a terület őrzésével történik. Amennyiben az esemény éjszaka következik be, fényt visszaverő jelzések kihelyezése is szükséges.

Lokalizációs és kárelhárítási anyagok és eszközök

A kárelhárítás anyag- és eszközszükségletét a munkaterületen egy kijelölt raktárban tárolják. A kármentesítésre felhasználandó anyagok beszerzéséről, tárolásáról a Védelemvezető utasításainak megfelelően kell gondoskodni. Az összes kárelhárításhoz szükséges anyag és eszköz tárolása eredeti csomagolásában, műanyag zsákokban és fóliákban történik.

A szennyezések továbbterjedésének megakadályozása érdekében és a szennyezőanyagok felítására a munkaterületen több ponton tartanak készenlétben univerzális, egyszer használatos olajfelitató hurkákat, tekercseket és lapokat, valamint homokzsákokat és ömlesztett homokot. A mentesítő anyagok tárolása feliratozott, fedéllel zárható fémhordókban, műanyag hordókban, valamint PE fóliazsákokban történik.

A kijelölt raktárban található:

- Eszközsükséglet: lapátok, ásók, csákányok, seprők, fémvödörök, műanyag vödörök, fémhordók, műanyag hordók.
- Anyagsükséglet: homok, bentonit, cement por, homokzsákok, felitató hurkák, felitató lapok, felitató tekercsek.

5.1.2 Kárelhárítási terv

A Kárelhárítási Terv készítésének és gyakorlati alkalmazásának célja az esetleges kútkitörés esetén környezetbe kerülő anyagok hatásának csökkentése. Mindazon technológiai utasítások betartása, melyek a szennyezőanyagok talajba, talajvízbe, illetve felszíni vizekbe jutásának akadályozását célozzák, kötelező.

Tartálykocsiból, hordókból és csövekből származó szennyeződések felszámolása

Az építkezés során, valamint a fúrás közben, a helyszínre való szállításnál és munkálatok közben előforduló rendkívüli események:

- Tartálykocsi, hordó vagy csővezeték zárószerkezeteinek olyan meghibásodása, amelynek következtében anyag jut ki a szabadba.
- Járműborulás vagy baleset tartályszerülés nélkül.
- Járműborulás vagy baleset tartályszerelvényszerüléssel.
- Hordó vagy cső károsodása, illetve lyukadása.

A felsoroltak közül a következőkben azokkal az esetekkel foglalkozunk, amelyekben a talajra jelentős mennyiségű szennyezőanyag kerül. Ebben az esetben a kárelhárítási műveletek az alábbiak:

- Meg kell győződni arról, hogy a szennyezőanyag utánpótlása megszűnt. Amennyiben további utánpótlás van, úgy annak helyét haladéktalanul meg kell határozni és meg kell szüntetni.
- A lokalizált szennyezőanyagot szivattyúval a védelemvezető által kijelölt tartályba kell szivattyúzni.
- A szennyezett talajt ki kell termelni konténerbe, illetve megfelelő gyűjtőedényzetbe. A talajt addig a mértékig kell kitermelni, amíg organoleptikus módszerekkel észlelhető a szennyezőanyag jelenléte. A

konténert, illetve hordókat a kijelölt veszélyes hulladéklerakóra kell szállítani. A szennyezett talaj ártalmatlanításáról a védelemvezető az előző pontban leírtak szerint határoz.

- A talaj és a talajvíz szennyezésének bekövetkezéséről az illetékes környezetvédelmi és vízügyi hatóságot minden esetben értesíteni kell.
- A kitermelt szennyezett talaj mennyiségének megfelelő mennyiségű tiszta talajt kell beszerezni. A talajcserét követően gondoskodni kell a tiszta talaj tömörítéséről és rekultivációról.

A kárelhárítás során keletkező veszélyes hulladék összegyűjtése, elszállítása, ártalmatlanítása

A kárelhárítás során olajjal és más anyagokkal szennyezett talaj veszélyes hulladéknak minősül, így ennek kezelése és ártalmatlanítása a 225/2015. (VIII.7.) Kormányrendelet szerint kell, hogy megtörténjen. Az olajjal és más anyagokkal szennyezett felitató anyagok szintén veszélyes hulladéknak minősülnek. A veszélyes hulladékot anyagi minőségének megfelelő, ép, sérülésmentes tároló edényzetekben össze kell gyűjteni. Az edényeket megfelelő feliratokkal kell ellátni, valamint biztosítani kell azt, hogy illetéktelenek ne férhessenek hozzájuk. A veszélyes hulladékot keletkezésük után nyilvántartásba kell venni. A veszélyes hulladék szállításával, kezelésével csak arra felhatalmazott (veszélyes hulladékszállítási, kezelési engedéllyel rendelkező) szervezetet lehet megbízni. Az összegyűjtött veszélyes hulladék ártalmatlanítása csak arra feljogosított (veszélyes hulladékkezelési engedéllyel rendelkező) szervezet által történhet.

A kárelhárítási tevékenység értékelése

A kárelhárítás befejeztével a Védelemvezetőnek értékelni kell a káreseményt, és meg kell állapítani:

- a kár mértékét,
- a szennyezőanyag mennyiségét, a szennyezés okát,
- a felelősséget,
- milyen intézkedésekre van szükség a jövőben káresetek megelőzése érdekében.

A kárelhárítási munkák befejezése után ellenőrizni kell a szükséges javítási, karbantartási munkák elvégzését.

5.1.3 Munka- és tűzvédelmi szabályok

A teljes munkavégzés folyamata során maradéktalanul be kell tartani a vonatkozó munkavédelmi és tűzvédelmi szabályokat, jogszabályokat. A szabályok a külső szervezetek munkavállalóira, munkatársaira is érvényesek.

A munkavédelem alapvető szabályait a munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. Törvény, valamint az 5/1993. (XII.26.) MüM rendelet tartalmazza, jelen tevékenységre vonatkozó különös szabályokat a Vízügyi Biztonsági Szabályzat (24/2007. (VII.3.) KvVM rendelet (különösen a 4.01.01. – 4.01.51. pontok) definiálja. A jogszabályok betartása és előírásaik végrehajtása mindenki számára kötelező.

Az építés kivitelezési munkák részletes szabályait „az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről” szóló 4/2002. (II. 20.) SzCsM-EüM együttes rendelet tartalmazza. A tervezett tevékenység jellegéből adódóan alapvető előírásként tekintünk továbbá a 4/2001. (II.23.) GM rendelettel hatályba léptetett Általános Bányabiztonsági Szabályzatra és a 6/2010. (VII. 30.) NFM rendelettel kihirdetett Mélyfúrási Biztonsági Szabályzatra.

A hatályos munkavédelmi szabályozásnak megfelelően a kiviteli tervezés munkavédelmi szakember bevonásával készül, akinek feladata az egyes munkafolyamatok munkavédelmi szempontú értékelése, a felmerülő kockázatok azonosítása és a szükséges kockázatcsökkentő intézkedések azonosítása.

A munkaterületen tevékenykedő vállalkozók kötelesek a munkavédelmi előírások betartására, munkavállaló a területen csak oktatást követően, a megfelelő védőeszközök birtokában végezhet munkát. A munkavédelemmel kapcsolatos felelősséget elsősorban a felelős műszaki vezető gyakorolja.

A tervezés-kivitelezés során tűzvédelmi szempontból elsősorban a vonatkozó jogszabály (54/2014. (XII.5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról) előírásai kerülnek betartásra, figyelemmel a tervezett tevékenység sajátos követelményeire. Jelen engedélyezési eljárás keretében állandó épület a munkaterületen nem létesül, mind a fűrűst, mind az egyéb földmunkákat mobil berendezések végzik. Tűzvédelmi szempontból kockázatot az üzemanyag tartály jelenthet, melyet azonban a fűrűrű berendezés részeként, az előírásoknak megfelelő szerkezettel és lokalizációval alakítanak ki.

A megvalósuló létesítmények tűzvédelmi szempontból nem jelentenek kockázatot, a kialakítás során felhasznált építőanyagok nem tűzveszélyesek.

5.2 Üzemelés szakaszához kapcsolódó nem várt események elhárítása

A rendszer üzemelésére legnagyobb hatást gyakorló nem várt esemény a kűtszivattyű leállása lehet, mely azonban a környezeti elemekre terhelést nem jelent. A kűtszivattyű nem kívánt leállásának megakadályozására egyrészt folyamatos monitoring kiépítése tervezett, mely a rendszerparaméterek valós idejű nyomon követésével lehetőséget ad a megfelelő időben történő beavatkozásra. Szintén a kűtszivattyű biztonságos üzemelését szolgálja a tervszerű, rendszeres karbantartás.

Speciális, a geotermikus rendszerekre jellemző haváriaesemény lehet a visszasajtoló kutak nyelőkapacitásának csökkenése. A rendszerbe folyamatos üzemű monitoring elemek kerültek beépítésre, melyek a visszasajtolás nyomásának-térfogatáramának nyomon követésével lehetővé teszik az esetlegesen felmerűlő problémák időbeni észlelését.

Fentieken túl, amennyiben a visszasajtoló kutak oly mértékű kapacitás csökkenést szenvednek, ami a további nyeletést lehetetlenné teszik, ideiglenes jelleggel, a nyelőkutak javításáig, vagy új kűt kialakításáig a rendszer részterheléssel működtethető (a visszasajtoló kutak maradó kapacitásáig), vagy leállítható.

6 Környezetvédelmi intézkedések

Levegőtisztaság-védelmi szempontból, a létesítési fázis környezetterhelésének csökkentésére az építkezés során a kiporzásra hajlamos anyagok (pl. cement) tárolását és töltését zárt rendszerben javasolt végezni. Javasolt továbbá a földmunkákat úgy ütemezni, hogy azok lehetőség szerint ne a várhatóan hosszabb száraz időszakban (pl. nyár végén) történjenek, amikor a talaj/földtani közeg manipulációjából jelentkező kiporzás jelentősebb. A burkolatlan utakon való közlekedést szükség esetén locsolás mellett javasolt végezni.

A klímaadaptációs célból alkalmazható intézkedéseket a 3.10.7.2 fejezet mutatja be.

Zajvédelmi szempontból, az üzemelési fázis során környezetvédelmi intézkedésre van szükség. Az előzetes számítások alapján a hűtőtornyot zajcsökkenteni szükséges, vagy olyan kialakítást kell választani, ami a követelményeket kielégíti.

A további tervezések során az alábbiakat kell figyelembe venni:

- Az egységek köré kürtő +1 m magasságú zajvédő falat kell kialakítani.
- A zajvédő fal belső oldala hangelnyelő kell legyen.
- Javasolható a frekvenciaváltós vezérlés beépítése, így az éjszakai időszakban a ventilátorok sebessége visszaszabályozható és a zajkibocsátás csökkenthető.

A hűtőtorny kialakításának végleges kiválasztása a kivitelezési tervezés során történik meg, a kiválasztás során a zajvédelmi vizsgálat megállapításait figyelembe véve olyan megoldást terveznek, ami a vonatkozó zajvédelmi előírások teljesítését lehetővé teszi.

Felszín alatti vízvédelem szempontból a geotermikus rendszer által igénybe vett vízáadó réteg folyamatos monitorozására van szükség. A geotermikus rendszerbe termelő V-1 és V-1A, illetve visszasajtoló T-1 és Tu-4 kutak a szükséges kútféjnyomás-, hozam, valamint a hőmérsékletmérési lehetőségekkel jelenleg is fel vannak szerelve, ezek üzemeltetése a Tura-2 erőmű felépültét követően is tervezett.

A felszín alatti vízkészletekbe történő beavatkozás és a vízkútúrás szakmai követelményeiről szóló 101/2007 KvVM rendelet 9.§-10.§. alapján szükséges a vízvizsgálati, és gázvizsgálati jegyzőkönyveket elkészíteni, a hévízművek üzemeltetési szabályzatát elkészíteni.

A termelő-, és visszatápláló kutakon elvégzett rendszeres üzemi méréseket évente értékelni kell, és azt a működési terület szerinti vízügyi igazgatóságnak, valamint a vízügyi hatóságnak meg kell küldeni.

Amennyiben a termelési és visszatáplálási adatokban év közben nem várt változás következik be, az értékelést soron kívül el kell végezni. A változás mértékére vonatkozó szakmai megítélés körülményeit, illetve azok figyelembevételét az üzemeltetési szabályzatban kell meghatározni.

7 Összefoglaló

A tervezett projekt Tura városában, Pest megyében található, 30 km-re Budapesttől. A Magyarország első geotermikus erőműveként 2018-ban üzembe helyezett Turai erőmű kapacitását a Turawell Kft. növelni tervezi, a meglévő Tura-1 erőmű mellett kialakítandó új geotermikus erőmű létesítésével. A jelenleg működő Tura-1 erőmű, az új, Tura-2 erőmű beüzemelésékor lekapcsolásra kerül.

A tervezett erőműben alkalmazott bináris, vagy segédközeges erőmű (Organic Rankine Cycle, ORC) a felszín alól kitermelt meleg vizet arra használja, hogy hőcserélőn keresztül felfűtsön egy másodlagos munkaközeget (jelen esetben butánt), amely a víznél alacsonyabb forráspontú szerves vegyület. A felfűtött folyadék gőze hajtja meg a turbinákat. A turbinák által termelt villamos energia a közcélú hálózatra kerül csatlakoztatásra. A tervezett új geotermikus erőmű éves üzemideje 8000 óra, beépített teljesítménye: 10,5 MW. A tervezett geotermikus erőmű hűtése kizárólag légűtéssel tervezett. A termálvizet meglévő termálkutak (V-1 (4755 hrsz.) és V-1A (4753 hrsz.)) termelik és sajtolják vissza, a geotermikus rendszer teljesen zárt. A V-1 (4755 hrsz) és V-1A (4753 hrsz) kutak szolgáltatják az erőműnek a termálvizet, visszasajtolás pedig a T-1 (5679/5 hrsz) és Tu-4 (5679/3 hrsz) jelű kutakba tervezett. Új kút fúrására a projekt keretében nem kerül sor.

A kialakítani tervezett új bináris erőmű automatikus működésű, állandó kezelői felügyeletet nem igénylő létesítmény. Ezen felül a tervszerű karbantartás és rendszerfelügyelet miatti havi rendszerességű kezelői ellenőrzésekkel kell a telephelyen számolni.

A tevékenység és az éghajlatváltozás relációja

A környezeti hatásvizsgálati szabályok előírják, hogy a beruházás éghajlatvédelmi szempontból is értékelendő: hogyan hat rá a változó éghajlat és a szélsőséges időjárás, illetve milyen alkalmazkodási és megelőző lépések indokoltak.

Az IPCC legutóbbi értékelése szerint a klímarendszer egészében kimutatható a változás: a légköri üvegházhatású gázok koncentrációja történelmi csúcson van, és az átlaghőmérséklet emelkedésének üteme szokatlanul gyors.

Magyarországon a 20. század eleje óta ~1,3 °C melegezés tapasztalható; különösen a tavasz és a nyár melegezett, és gyakoribbak a meleg szélsőségek, például a hóhullámok.

A csapadék eloszlása szélsőségesebbé vált: hosszabb száraz időszakok és gyakoribb, rövid idejű intenzív esők figyelhetők meg.

Mi várható a következő évtizedekben:

- A modellek Tura térségében további melegezést jeleznek: 2021–2050-re nagyjából +1 °C, az évszázad végére nyáron akár +4 °C is lehet a növekedés. A hóhullámos és forró napok gyakoribbá válnak, a fagyos napok száma csökken.
- Az éves csapadék összegében kismértékű változás várható, de nyáron csökkenés, ősszel/télen pedig növekedés valószínű; a nagy intenzitású csapadékok aránya nőhet, a nyári száraz időszakok hossza pedig növekedhet.
- Az éghajlati szélsőségek közül a hőség és az aszály kitettsége a térségben középestről magasig terjed, a szélviharos napok száma inkább stagnál vagy enyhén csökken.

A terület érzékenysége, főbb kockázatok:

- Villámárvíz-kitettség: összességében alacsony, de az intenzív záporok miatti felszíni lefolyás lokális károkat okozhat.

- Aszály: a század végére a száraz periódusok hosszabbodása és a párolgás növekedése a vízmérleget negatív irányba tolhatja.
- Szélső hőmérsékletek: a hőségnapok és hóhullámos napok száma nő, ami hőterhelést okoz embereknek és berendezéseknek.
- Szélviharok: több modell szerint kismértékű csökkenés várható a nagyon erős szeles napok számában.

A beruházás érintettsége

A projekt akkor tekinthető éghajlatváltozás által befolyásoltnak, ha a tevékenységet vagy az üzemvitelt érinthetik az éghajlati hatások (hőség, aszály, intenzív csapadék, szél), illetve ha a működés víz-, energia-, vagy infrastruktúra-érzékeny.

Összegzés

Tura térségében a melegedés és a nyári szárazodás a legvalószínűbb tendencia; emellett gyakoribbak lehetnek a rövid, intenzív esők. A beruházás éghajlati kitettsége közepes, de megfelelő tervezési és üzemeltetési intézkedésekkel a kockázatok kezelhetők, a maradó kockázat jellemzően vállalható szintre csökkenthető.

Levegőtisztaság-védelem

A vizsgált terület az Alföld nagytájon helyezkedik el, éghajlata a mérsékelt meleg-száraz éghajlati típusba sorolható. Az átlagosan 2,5–3,0 m/s közötti szél leggyakrabban északnyugati irányú, a második helyen a délkeleti irány áll. A terület nem tartozik kiemelt, erős levegőterheléssel jellemezhető légszennyezettségi agglomerációba.

A tervezett új geotermikus erőmű telepítését a meglévő erőmű melletti területen tervezik. Az új létesítmény kialakítása várhatóan mintegy 1 évet fog igénybe venni. A létesítési fázis fontosabb levegőterhelő vonatkozásai a következő hatótényezők köré csoportosulnak:

- a telephelyre irányuló személy- és teherforgalom légszennyezőanyag-kibocsátásai;
- a földmunkákból, anyagmanipulációból eredő kiporzás;
- a létesítéskor alkalmazott dízel-üzemű munkagépek kibocsátásai.

A létesítési fázis kibocsátásait számszerűsítettük egyrészt az erőmű kialakításával érintett terület, másrészt pedig az erőműtől a visszatápláló kutakig terjedő mintegy 1 km hosszban fektetni tervezett új, felszín feletti visszasajtoló vezeték nyomvonalát tekintetében. A létesítési fázis környezeti levegőre gyakorolt hatásait az AERMOD modellrendszerrel végeztük, hogy az alkalmazott hatásterület számítási eljárás megfeleljen a 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet 5. sz. melléklete 13. pontjában szereplő előírásnak. A modellszámítások eredményei szerint a létesítési fázisban a legjelentősebb terhelésre a nitrogén-dioxid esetében számíthatunk; a legnagyobb órás koncentráció a vonatkozó órás határérték 47%-a volt. A porterhelés ehhez képest nem volt jelentős. Értelemszerűen, a vezeték fektetés nyomvonalán tervezett kisebb volumenű munkák levegőminőségre gyakorolt hatása is kisebb. A létesítési fázis összesített hatásterületére az erőművi területet övező 300 m-es sávval érintett területrészt, illetve a vezeték fektetéssel érintett terület 75 m-es környezetét kaptuk.

A kialakítani tervezett új bináris erőmű automatikus működésű, állandó kezelői felügyeletet nem igénylő létesítmény, amelynek üzemeltetését távfelügyelettel tervezik. Ezáltal az üzemeltetési fázisban fűtés, légszennyező pontforrás a telephelyen nem fog üzemelni. A termálkutak erőművi hasznosításhoz kitermelt vízből leválasztott nitrogént, szén-dioxidot és metánt tartalmazó, mintegy 1500 m³/óra térfogatáramú gázkeveréket az erre kialakított szellőzőn keresztül a környezeti levegőbe vezetik. Az üzemeltetési fázis levegőtisztaság-védelmi hatásterülete a telephely területével vehető azonosnak.

A telephely felhagyása a létesítés során kialakított erőművi létesítmények bontásával, általánosságban véve a létesítési fázishoz kapcsolódóan munkafolyamatok fordított sorrendben való elvégzésével jár. Ebből adódóan a felhagyási fázis hatásterülete a létesítéséhez hasonló.

Zaj- és rezgésvédelem

A vizsgált telephely Tura és Galgahévíz határán található, a telephely területének besorolása a vonatkozó Helyi Építési Szabályzatok és Szabályozási Tervek alapján K-en - Különleges megújuló energiaforrás terület. Közvetlen környezetében Eg – Gazdasági erdő, Ev – véderdő területek, K-sp-1, rekreációs-sportolási célú különleges beépítésre nem szánt terület, Má – általános mezőgazdasági területek találhatóak. A legközelebbi lakóterület (Galgahévíz, Lf – falusias lakóterület) a telephely határától mintegy 630 m-re kezdődik védendő létesítményekkel.

A létesítési fázis fontosabb zajterhelést okozó vonatkozásai a következő hatótényezők köré csoportosulnak:

- a telephelyre irányuló személy- és teherforgalom zajkibocsátásai;
- a létesítéskor alkalmazott dízel-üzemű munkagépek és kivitelezési tevékenység zajkibocsátásai a telephelyen és a csővezeték építés során.

A várható zajterhelést zajterjedés modellezéssel, a CadnaA zajterjedést számító szoftver segítségével határoztuk meg. A szoftver számítási módszerként az MSZ ISO 9613-2– Hangterjedés szabadban c. szabványt használja, a vonatkozó szakági jogszabályi előírásoknak megfelel.

A modellszámítás alapján meghatározható, kivitelezéshez kapcsolódó zajvédelmi hatásterület védett objektumot nem érint. A kapcsolódó szállítási tevékenység a meglévő forgalomhoz képest elhanyagolható.

Az üzemeléshez kapcsolódó fő zajforrások az alábbiak:

- Hűtőtorony
- Turbina, generátor
- Szivattyúk

Az előzetes számítások alapján a hűtőtornyot zajcsökkenteni szükséges, vagy olyan kialakítást kell választani, ami a követelményeket kielégíti. A megfelelő zajvédelmi intézkedés megvalósításával a zajvédelmi követelmények a védendő objektumoknál kielégíthetők.

Az erőmű felhagyása a létesítés során kialakított erőművi létesítmények bontásával, általánosságban véve a létesítési fázishoz kapcsolódóan munkafolyamatok fordított sorrendben való elvégzésével jár. Ebből adódóan a felhagyási fázis hatásterülete a létesítéséhez hasonló.

Felszíni vizek védelme

A vizsgált terület a Galga-patak alsó (AEP504) felszíni vízfolyás vízgyűjtőjén található. A Zagyva alegységhez sorolt patak a tevékenység helyétől mintegy 1,5 km-re található.

A felszíni vizeket a tevékenység sem a létesítés, sem az üzemeltetés, sem pedig a felhagyás fázisában nem érinti: kibocsátás felszíni vízbe nem történik, ezáltal a tevékenység felszíni vizekre gyakorolt hatása nem érzékelhető.

Felszín alatti vizekre gyakorolt hatás

A kivitelezés és a felhagyás során a több mint 1400m-es mélységben található triász vízadóra nem várható hatás. Felszín alatti vizek közül érintett legfeljebb a talajvíz lehet (mélysége 2-5 m közötti), az is a kivitelezésben részt vevő berendezések meghibásodása, havária esemény során – bár a jelentős mélység miatt ennek valószínűsége is elenyésző.

A geotermikus erőmű legjelentősebb hatást a hasznosítással érintett víztartó rétegre gyakorol. A kitermelés – visszasajtolás hosszú távú hatását (25 év üzemelés) a terület földtani modelljére alapozott hidrogeológiai modelljével számítottuk. A modellezéshez a Feflow 10 szoftvert használtuk, a lehatárolt modell terület ~275 km², a modell 126 numerikus rétegre osztott, minden réteg 7240 csomópontot tartalmaz és 14 362 elemből épül fel.

A vizsgált tervezett üzemeltetés során 1000 t/h (278 l/s) termelés/visszasajtolás hozamot feltételeztünk, a kitermelt és hasznosított termálvíz a visszasajtoló kútban teljes mértékben visszasajtolásra kerül a rezervoárba átlagosan 64°C hőmérsékleten.

Az eredmények alapján 25 év folyamatos, egyenletes hozam melletti üzemelés után a visszasajtolás miatt fellépő hűlés 1°C-os frontja a visszasajtoló kutak kb. 900 m x 1400 m átmérőjű körzetében jelentkezik, a termelőkutakat legközelebbben 450 m-re közelíti meg. A modellezés alapján a vizsgált 25 év alatt nem jelentkezik hűlés a termelőkútban. A nyomásváltozás kiterjedése: 0,2 bar nyomáscsökkenés kb. 1950 m x 3820 m átmérőjű területen mutatkozik; 0,2 bar nyomás emelkedés kb. 2000 m x 2350 m átmérőjű területen mutatkozik 25 év folyamatos termelés mellett.

Hulladékgazdálkodás

A geotermikus erőmű tervezett kapacitásbővítése bontási munkákkal nem jár együtt. Az új erőművi egység létesítése során hulladék képződésével elsődlegesen a tereprendezés, alapozás és a gépészeti elemek szerelése során kell számítani. A képződő hulladék mennyisége mérsékelt, döntően építési-bontási, illetve csomagolási hulladék keletkezésével járhat. Előbbiek mennyiségét korlátozó tényező, hogy a földmunkák során kitermelt szennyezésmentes talaj teljes mennyiségét a tereprendezés során felhasználni tervezik, így hulladék nem keletkezik. A létesítési fázisban képződő hulladék elkülönített gyűjtését biztosítani kell, tárolását a jogszabályi előírásokat követve kell végezni annak engedélyes vállalkozóval való elszállíttatásáig.

Az erőművi technológia zárt, folyamatos üzemvitelnél nem eredményez hulladékot. Az időszakos karbantartást végző külső vállalkozók a munkáik során képződő hulladékot maguk szállítják el, és azok hasznosításáról, ártalmatlanításáról is maguk gondoskodnak. A telephelyen esetlegesen képződő hulladékról nyilvántartást kell vezetni a 309/2014. (XII. 11.) Korm. rendelet előírásai szerint.

Az erőmű üzemidejének lejártával a felszíni technológiai egységek leszerelése, a gépészeti berendezések bontása, valamint a terület rekultivációja valósul meg. A bontás során mérsékelt mennyiségű veszélyes hulladék, és nagyobb mennyiségű szilárd hulladék illetve inert hulladék képződése várható. Ezek engedéllyel rendelkező szakképzett cégnek kerülnek átadásra szerződéses alapon. Gyűjtését, szállítását, kezelését ill. hasznosítását/ártalmatlanítását a vonatkozó jogszabályi előírások szerint kell végezni.

ÜHG kibocsátás

A létesítésből származó, releváns ÜHG-kibocsátás túlnyomó része a geotermikus vezeték építéséhez, illetve a munkaterület kialakításához kötődik. Ennek becsült össz mennyisége 410 tonna CO₂.

A termálvíz gáztalanítása üvegházhatású gázok kibocsátásával jár

A vizsgált geotermikus erőmű teljes életciklusú ÜHG-mérlegét a kísérőgáz magas CO₂-tartalma dominálja: az éves CO₂e-kibocsátás ≈98–99%-át ez adja. Az egyéb üzemelési források együttes hozzájárulása <2%, míg a létesítés egyszeri, 410 tCO₂ nagyságrendű terhe 15 éves időtávon évi ~0,1%-ot képvisel. A projekt éves ÜHG-terhelését döntően (≈99%) a kísérő CO₂ határozza meg. A CH₄ és minden más (létesítés, logisztika, stb) elhanyagolható jelentőségű a fő tételhez képest.

Azonos energiamennyiség mellett a földgázzal működő erőmű életciklus-kibocsátása jellemzően 23,7–40,6 kt/év CO₂e, ami meghaladja a geotermikus erőmű által kibocsátott értéket (22,3 kt/év).

8 Irodalomjegyzék

- [1] <https://map.hugeo.hu/>
- [2] Magyar Mérnöki Kamara (2021): Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt megalapozó adatbázisok alkalmazása Szakmai útmutató
- [3] Magyar Mérnöki Kamara (2018): Módszertani útmutató az éghajlatváltozás hatásainak érzékenységvizsgálatához és kitettség elemzéséhez
- [4] MEGÉRTI Magyar Energetikai Gazdaságtervező és Értékelő Tanácsadó Iroda Kft. (2022): Útmutató az infrastrukturális projektek éghajlatváltozási rezilienciavizsgálatának elvégzéséhez 2021-2027
- [5] Stocker et al., 2013: Technical Summary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of WG1 to the IPCC Fifth Assessment Report
- [6] IPCC (2021): Climate Change 2021
- [7] WMO (2022): State of the Global Climate 2021
- [8] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Galga>
- [9] [Dövényi \(szerk.\) et al. \(2010\): Magyarország kistájainak katasztere. Második, átdolgozott és bővített kiadás. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest](#)
- [10] [HungaroMet Zrt. LRK Légszennyezettségi Adatközpont Osztály: 2023. évi összesítő értékelés hazánk levegőminőségéről az automata mérőhálózat adatai alapján. \(<https://legszenyezettség.met.hu/levegominoseg/ertekelesek/olm-ertekelesek>\)](#)
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards#Emission_standards_for_passenger_cars
- [12] https://sztfh.hu/tevekenysegek/esg-hatosagi-tevekenyseg/esg-kerdoiv-kitolteset-segito-kalkulator/esg-kalkulator/?gad_source=1&gad_campaignid=22596351247&gbraid=0AAAAA96ssuRYX4ojekLQqw7kG2j65PdIz&gclid=EAIaIQobChMI-eObzp2akAMVrs9EBx2zsTw0EAAYASAAEgISxfD_BwE
- [13] *Pits and Quarries Guidance*, Environment Canada (<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/national-pollutant-release-inventory/report/pits-quarries-guide.html>)
- [14] Csorba Péter Magyarország kistájai, 2021
- [15] *Guidance on Estimating Road Dust Emissions from Industrial Unpaved Surfaces*, Environment Canada (<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/national-pollutant-release-inventory/report/sector-specific-tools-calculate-emissions/road-dust-unpaved-surfaces-guide.html>)
- [16] Vona Márton: A galgahévízi láprét vízháztartásának jellemzése Hidrológiai Közlöny 2007 (87. évfolyam), 1. szám
- [17] [Tóth Nikolett \(2024\): A Galga-patak árvízhelyzetének vizsgálata a klímaváltozás tükrében, szakdolgozat](#)
- [18] <https://www.ipcc.ch/report/2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories>
- [19] <https://docs.nrel.gov/docs/fy21osti/80580.pdf>
- [20] https://en.wikipedia.org/wiki/Life-cycle_greenhouse_gas_emissions_of_energy_sources
- [21] 2013: Zárójelentés a 138. Monor területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. MOL Nyrt
- [22] Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH, 2024): Budapest Geotermikus Kutatási Program - A budapesti termálkarszt fenntartható hasznosítását megalapozó, döntéstámogatói célú földtani, geofizikai és vízföldtani kutatás eredményei

- [23] Mádlné Szőnyi, Judit (2020) Felszínalatti vízáramlások mintázata fedetlen és kapcsolódó fedett karbonátos víztartó rendszerekben, a Budai-termálkarszt tágabb környezetének példáján. Akadémiai nagydoktori mű, ELTE
- [24] Szijártó, Galsa, Tóth, Mádl-Szőnyi. (2021). Numerical analysis of the potential for mixed thermal convection in the Buda Thermal Karst, Hungary. Journal of Hydrology