

6. Zaj- és rezgésvédelem

6.1. Zaj- és rezgésvédelmi szempontból kritikus területek

A teljes létesítmény környezete (beleértve a járműtelepet, a járműtelep melletti összekötő alagutat, valamint az állomások vasbeton szerkezetű műtárgyait is) zaj- és rezgésvédelmi szempontból két kategóriába sorolható:

„A” Zaj- és rezgésvédelmi szempontból átlagos érzékenyséű szakaszok

„B” Zaj-, és rezgésvédelmi szempontból fokozott érzékenyséű szakaszok

Az „B” kategóriájú szakaszokat a következő szempontok alapján jelöltük ki:

- Különleges immissziós követelmények : Pl. Magyar Rádió, SZÁMALK szék-ház
- Olyan területek, ahol a metró szerkezete és az épületek alapozása között 6,0m-nél szűkebb a távolság. ($t < 6 \text{ m}$)
- Műemléki védettségű, rezgésre különlegesen érzékeny épületek környezetében.

A „B” kategóriába sorolt területekhez tartozó nyomvonal-szakaszokat az 1. táblázatban soroltuk föl.

A létesítmény környezetének többi része zaj- és rezgésvédelmi szempontból „A” kategóriába sorolandó.

1. / bal sz. táblázat

Zaj- és rezgésvédelmi szempontból „B” kategóriájú védettséget igénylő nyomvonal-szakaszok a bal alagútban

szelvény szám		A műtárgy jellege	A védettség indoklása
kezdete	vége		
5 + 50	8 + 00	Kör keresztmetszetű alagút	Számalk épület (Etele út 68) a cölöp alapok alsó síkja helyenként $t < 2$ m távolságra megközelítik az alagút szerkezetét
9 + 00	11 + 80	Kör keresztmetszetű alagút	Irodaházak; A cölöp-alapozás alsó síkja helyenként $t < 1$ m távolságra megközelítik az alagút szerkezetét
13 + 10	15 + 90	Kör keresztmetszetű alagút	A Tétényi út 32-36 sz. 10 szintes lakóház alapozása $t < 1$ m távolságra megközelíti, a Fejér Lipót u. 61. sz. lakóház alapozása $t < 6$ m távolságra megközelíti az alagút szerkezetét.
26 + 00	26 + 50	Kör keresztmetszetű alagút	Bocskai úti állomási műtárgy vasbeton szerkezete $t < 6$ m távolságra megközelíti a Fehérvári út 23 - 31 sz. lakóházak alaptestjeit
26 + 50	27 + 85	Állomási műtárgy	
27 + 85	28 + 60	Kör keresztmetszetű alagút	
30 + 20	30 + 94	Kör keresztmetszetű alagút	Móricz Zs. körtér állomási műtárgy vasbeton szerkezete $t < 6$ m távolságra megközelíti a Móricz Zs. körtér 14 - 16 sz. lakóházak alaptestjeit
30 + 94	31 + 95	Állomási műtárgy	
31 + 95	32 + 50	Kör keresztmetszetű alagút	
47 + 80	48 + 45	Kör keresztmetszetű alagút	A Kálvin téri ref. templom részegre érzékeny; az állomási műtárgy és a templom sarka között mindössze $t < 2$ m távolság van.
48 + 45	49 + 35	Állomási műtárgy	
49 + 35		Kör keresztmetszetű alagút	Kálvin Center üvegalotája. Az alagút fala $t < 1$ m távolságra megközelíti az épület alapjait
	53 + 80		MÁV Szimfonikusok próbaterme és Magyar Rádió környezete
69 + 65	72 + 45	Állomási műtárgy	Baross téri végállomás váltói miatt a Baross tér 12-13, és a Thököly út 2-8 épületek környezete védendő

A szelvény-számok úgy lettek meghatározva, hogy a védett objektum előtt, és utána is még további 80 - 80 m-es vágány szakaszon biztosítsák a „B” kategóriájú védettséget.

1. / jobb sz. táblázat
Zaj- és rezgésvédelmi szempontból „B” kategóriájú védettséget igénylő nyomvonal-szakaszok a jobb alagútban

szelvény szám		A környezetet veszélyeztető műtárgy jellege	A védettség indoklása
kezdete	vége		
5 + 15	6 + 08	Alagút és kihúzó műtárgy együttese	Számalk épület (Etele út 68) a cölöp alapok alsó síkja helyenként t < 2 m távolságra megközelítik az alagút szerkezetét
6 + 08	7 + 90	Kör keresztmetszetű alagút	Irodaházak; A cölöp-alapozás alsó síkja helyenként t < 1 m távolságra megközelítik az alagút szerkezetét
9 + 40	11 + 90	Kör keresztmetszetű alagút	A Tétényi út 32-36 sz. 10 szintes lakóház alapozása t < 1 m távolságra megközelíti, a Fejér Lipót u. 61. sz. lakóház alapozása t < 6 m távolságra megközelíti az alagút szerkezetét.
13 + 08	16 + 00	Kör keresztmetszetű alagút	Bocskai úti állomási műtárgy vasbeton szerkezete t < 6 m távolságra megközelíti a Fehérvári út 23 - 31 sz. lakóházak alaptestjeit
26 + 20	26 + 85	Kör keresztmetszetű alagút	Móricz Zs. körtér állomási műtárgy vasbeton szerkezete t < 6 m távolságra megközelíti a Móricz Zs. körtér 14 - 16 sz. lakóházak alaptestjeit
26 + 85	28 + 15	Állomási műtárgy	A Kálvin téri ref. templom rezgésre érzékeny; az állomási műtárgy és a templom sarka között mindössze t < 2 m távolság van.
28 + 15	28 + 90	Kör keresztmetszetű alagút	MAV Szimfonikusok próbaterme és Magyar Rádió környezete
30 + 40	31 + 05	Kör keresztmetszetű alagút	Baross téri végállomás váltói miatt a Baross tér 12-13, és a Thököly út 2-8 épületek környezete védendő
31 + 05	32 + 25	Állomási műtárgy	
32 + 25	32 + 70	Kör keresztmetszetű alagút	
47 + 80	48 + 60	Kör keresztmetszetű alagút	
48 + 60	49 + 50	Állomási műtárgy	
50 + 80	53 + 80	Kör keresztmetszetű alagút	
69 + 55	72 + 45	Állomási műtárgy	

A szelvény-számok úgy lettek meghatározva, hogy a védett objektum előtt, és utána is még további 80 - 80 m-es vágány szakaszon biztosítsák a „B” kategóriájú védettséget.

A fentiekén túlmenően védelmet igényelnek még a járműtelepnek a Borszéki utcai telekhathárhoz közel eső, felszíni vágányai a Borszéki utca másik oldalán található KTI Vibroakusztikai laboratórium miatt, valamint a járműtelep összekötő alagútja a SZÁMALK épületének közelsége miatt.

6.2. Immissziós határértékek

Magyarországon az épületek környezetében és belső helyiségeiben megengedhető zaj- és rezgésterhelési határértékeket a 8/2002. (III.22.) KöM-EüM együttes rendelet tartalmazza. Ezen belül a metró járműforgalmára vonatkozó belső téri zajterhelési határértékek a rendelet 4. sz. Mellékletében, a belső téri rezgésterhelési határértékek pedig a rendelet 5. sz. Mellékletében találhatók.

6.3. Az immissziós határértékek teljesítésének igazolása

A pályázónak pályázatában számításokkal is igazolnia kell, hogy az ajánlott felépítményszerkezet a teljes hosszában, mindkét alagút, az állomások, a fordító és a kihúzó műtárgyak, valamint az összekötő alagutak mentén teljesíti a lakóépületekre előírt, 6.2. fejezetben említett zaj- és rezgésterhelési határértékeket.

Ugyanezt a forgalomba helyezést követő második félév folyamán - tehát legalább fél év üzemidő - helyszínen végzett ellenőrző mérésekkel is igazolni kell

A helyszíni mérésekbe legalább hat helyszínt kell bevonni, amelyeket a megbízó határoz meg.

6.4. Egyszerűsítési lehetőségek az immissziós határértékek teljesítésének igazolására

A pályázó az immissziós határértékek teljesítésének igazolására alternatív módon választhatja az alábbi egyszerűsítési lehetőségek egyikét is:

- a.) Emissziós határértékek vizsgálata a létesítményen belül több meghatározott helyszínen a 6.4.1. fejezetben leírtak szerint
- b.) Maximális elhaladási zaj- és rezgésszintek vizsgálata a nyomvonal mellett levő lakóépületekben a 6.4.2 fejezetben leírtak szerint, és kiegészítő emissziós határérték vizsgálat a bal alagút a 49 + 35 és az 53 + 80 szelvényei között a 6.4.1 fejezetben leírtak szerint.

Mindkét egyszerűsítési lehetőség tartalmazza az előzetes számításokra, és az utólagos ellenőrzésekre vonatkozó előírásokat is.

Ha a pályázó az immissziós határértékek teljesülésének igazolásához az előzetes számításaiban vagy az a.), vagy a b.) egyszerűsítési lehetőséget választotta, akkor az utólagos ellenőrző mérések során már csak a hozzá tartozó ellenőrzéseket kell elvégeznie és bemutatnia.

6.4.1 Emissziós határértékek vizsgálata a létesítményen belül

Emissziós határértékekre nézve csak rezgés-határértékeket kell vizsgálni. Az emissziós határértékeket minden helyszínen az alábbi **mértékadó emissziós pontokon** kell igazolt módon teljesíteni:

- a.) Nyílt pályán alagútban: az alagút belső felületén az előregyártott tübing-elemek szegmenseinek bármelyikén, a szegmens elemek középpontjában;
- b.) Állomásokon: Az állomás vasbeton szerkezetének olyan falain, amely kifelé a talajnak adja át a rezgéseket.

A vizsgált rezgés iránya a mértékadó emissziós pontokon minden esetben a vizsgált szerkezet felületére merőleges legyen.

Az emissziós határérték a rezgés-sebesség spektrális teljesítmény-sűrűség-függvényében van megadva, terc-sávonként a 8 Hz - 200 Hz frekvenciatartományban. Az egyes frekvencia-sávokra eső rész-teljesítményeket $T = 10$ sec átlagolási idővel kell számítani, illetve mérni egy - egy szerelvény elhaladása során. Minthogy a szerelvények elhaladása egy-egy emissziós pont előtt 10 secundumnál hosszabb ideig tart, ezért a teljes elhaladási folyamatból azt a rész-intervallumot kell kiválasztani, amely várhatóan a legnagyobb össz-teljesítménnyel rendelkező spektrumot eredményezi, és ezt a spektrumot kell összehasonlítani a 2. táblázatban megadott határértékekkel.

Összesen 9 emissziós határérték spektrumot adunk meg, ezek mindegyike más-és más helyszínen érvényes. Ezek az ún. „érvényességi tartományok”. A pályázónak olyan megoldásokat kell kidolgoznia, amellyel mind a 9 emissziós határérték teljesülését igazolni tudja az illető spektrumra vonatkozó érvényességi tartományban olyan mértékadó emissziós pontokon, ahol a metró forgalmából származó rezgések össz-teljesítménye várhatóan a legnagyobb.

2. táblázat

Emissziós határértékek
 Rezgéssebesség spektrális teljesítménysűrűség spektrumok [$\text{mm}^2/\text{sec}^2 / \text{Hz}$] mértékegységben

Terc-sáv közép- frekvencia	A1 - alagút	A1 - állomás	A2 - alagút	A2 - állomás	B1 - alagút	B1 - állomás	B2 alagút	B2 - állomás	BR - alagút
8 Hz	8.46E-03	6.66E-03	3.08E-03	8.36E-04	3.66E-02	6.31E-02	5.45E-03	2.50E-03	8.29E-02
10 Hz	4.22E-03	3.32E-03	1.53E-03	4.17E-04	8.60E-03	1.48E-02	1.28E-03	5.87E-04	1.95E-02
13 Hz	2.11E-03	1.66E-03	7.65E-04	2.08E-04	2.02E-03	3.49E-03	3.01E-04	1.38E-04	4.58E-03
16 Hz	1.05E-03	8.26E-04	3.82E-04	1.04E-04	4.76E-04	8.21E-04	7.09E-05	3.25E-05	1.08E-03
20 Hz	5.24E-04	4.12E-04	1.91E-04	5.18E-05	1.12E-04	1.93E-04	1.67E-05	7.63E-06	2.54E-04
25 Hz	2.61E-04	2.06E-04	9.51E-05	2.59E-05	7.48E-05	1.29E-04	1.11E-05	5.11E-06	1.70E-04
32 Hz	2.08E-04	1.64E-04	7.57E-05	2.06E-05	5.00E-05	8.63E-05	7.46E-06	3.41E-06	1.13E-04
40 Hz	1.66E-04	1.31E-04	6.04E-05	1.64E-05	3.35E-05	5.77E-05	4.99E-06	2.28E-06	7.59E-05
50 Hz	1.32E-04	1.04E-04	4.81E-05	1.31E-05	3.50E-05	6.03E-05	5.21E-06	2.39E-06	7.93E-05
63 Hz	1.05E-04	8.29E-05	3.83E-05	1.04E-05	3.65E-05	6.31E-05	5.45E-06	2.49E-06	8.29E-05
80 Hz	8.40E-05	6.61E-05	3.05E-05	8.31E-06	3.82E-05	6.59E-05	5.69E-06	2.61E-06	8.66E-05
100 Hz	9.06E-05	7.13E-05	3.30E-05	8.96E-06	3.99E-05	6.89E-05	5.95E-06	2.72E-06	9.05E-05
125 Hz	9.78E-05	7.69E-05	3.56E-05	9.67E-06	4.17E-05	7.20E-05	6.21E-06	2.85E-06	9.45E-05
160 Hz	1.06E-04	8.30E-05	3.84E-05	1.04E-05	4.36E-05	7.52E-05	6.49E-06	2.97E-06	9.88E-05
200 Hz	1.14E-04	8.96E-05	4.14E-05	1.13E-05	4.55E-05	7.86E-05	6.78E-06	3.11E-06	1.03E-04

Az emissziós határértékek érvényességi tartománya:

A1-alagút, és A1-állomás:

A Kelenföld pu. állomástól a Bocskai úti állomás végéig, valamint Fővám-téri állomás végétől a Keleti pu. állomás végéig minden olyan mértékadó emissziós ponton, amely az 1. táblázatban nem szerepel.

A2-alagút, és A2-állomás:

A Bocskai úti állomás végétől a Fővám-téri állomás végéig minden olyan mértékadó emissziós ponton, amely az 1. táblázatban nem szerepel

B1-alagút, és B1-állomás:

A Kelenföld pu. állomástól a Bocskai úti állomás végéig, valamint a Fővám-téri állomás végétől a Keleti pu. állomás végéig minden olyan mértékadó emissziós ponton, amely az 1. táblázatban is szerepel, illetve amely a járműtelepi összekötő alagútban található, kivétel a bal alagútban a Magyar Rádió környezete, amire a BR – alagút érvényes.

B2-alagút, és B2-állomás:

A Bocskai úti állomás végétől a Fővám-téri állomás végéig minden olyan mértékadó emissziós ponton, amely az 1. táblázatban is szerepel

BR-alagút:

A bal alagútban a Magyar Rádió környezete a 49 + 35 és az 53 + 80 szelvények között

+ + +

Az emissziós határértékek teljesülését a pályázónak a pályázat benyújtásakor számításokkal, vagy egyéb más kísérleti vizsgálatokkal kell igazolnia, mindegyik érvényességi tartományon belül legalább egy alagútban levő és két állomási mértékadó emissziós ponton. Ezekben a számításokban a szerkezeten minden esetben olyan helyen kell fölvenni a mértékadó emissziós pontokat, ahol a metró forgalmából származó rezgések össz-teljesítenye várhatóan a legnagyobb.

A forgalomba helyezést követő második félév folyamán - tehát legalább fél év üzemelés eltelté után - helyszínen végzett ellenőrző mérésekkel is igazolni kell, hogy a mértékadó emissziós pontokon a metró elhaladások alkalmával mért rezgés sebesség spektrális teljesítménysűrűség spektrumai nem lépik túl a 2. táblázatban megadott határokat. A mérések helyszíneit a megbízó határozza meg.

6.4.2. Maximális elhaladási zaj- és rezgésszintek vizsgálata a nyomvonal mellett levő lakóépületekben

A pályázónak a nyomvonal mentén minden lakóépületben, minden olyan lakószobában, amelynek padlószintje a talajszint fölött van, igazoltan teljesíteni kell az alábbi immissziós követelményeket:

- Egy metrószerelvény elhaladása alkalmával keletkező elhaladási zaj „F” időállandóval mért maximális A-hangnyomásszintje a védendő helyiség belsejében nem haladhatja meg a 42 dB(A) értéket;
- Egy metrószerelvény elhaladása alkalmával keletkező súlyozott rezgés gyorsulás „F” időállandóval mért maximális értéke nem haladhatja meg a 18 mm/s² értéket.

A fenti követelmények teljesülését a pályázónak a pályázat benyújtásakor számításokkal, vagy egyéb más kísérleti vizsgálatokkal kell igazolnia.

A forgalomba helyezést követő második félév folyamán - tehát legalább fél év üzemelés eltelté után - helyszínen végzett ellenőrző mérésekkel is igazolni kell, hogy a maximális elhaladási zaj- és rezgésszintek nem lépik túl a fent megadott határokat. A helyszíni mérésekbe legalább hat helyszínt kell bevonni, amelyeket a megbízó határoz meg.

Az ellenőrző számításokban a fent megadott maximális elhaladási zaj- és rezgés követelményekhez az alábbi paramétereket kell felhasználni:

- A környezeti rezgés súlyozósűrő frekvenciaátviteli jelleggörbáját az MSz EN ISO 8041:2005 szabványban definiált, egész-test rezgésre vonatkozó kombinált görbével kell megadni.
- Átlagos mértékű sinkopást kell figyelembe venni, és nem síncsiszolást követő új állapotot.