

A TERVEZETT M0 ÚTGYŰRŰ ÉSZAKI SZEKTOR 11. ÉS 10. SZ. FŐUTAK KÖZÖTTI SZAKASZÁN VÁRHATÓ LEVEGŐSZENNYEZETTSÉG ÉS ZAJTERHELÉS



TÁJÉKOZTATÓ FÜZET

A tájékoztató füzetet kiadta:



NEMZETI INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTŐ ZRT.

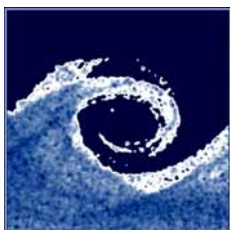
H-1134 Budapest, Váci út 45.

Tel.: +36-1-4368-100

Fax: +36-1-4368-110

www.nif.hu

info@nif.hu



ÁRAMLÁSTAN TANSZÉK

H-1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 4-6. BME „AE” épület

Tel.: +36-1-463-4072

Fax: +36-1-463-3464

www.ara.bme.hu

info@ara.bme.hu



Kármán Tódor Szélcsatorna Laboratórium

www.karman-wtl.com

BEKÖSZÖNTŐ

A közlekedési eredetű levegőszennyezés és zajterhelés korlátozása a környezetvédelem nagyon fontos és aktuális feladata. Ezért a Budapesten átmenő közúti járműforgalom csökkentésére létrehozott M0 útgűrű északi szakaszának építése előtt a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. ajánlati felhívást tett közzé az Európai Unió Hivatalos Lapjában a levegőszennyeződési és zajterhelési vizsgálatok elvégzésére irányuló nyílt közbeszerzési eljárás megindítására. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Áramlástan Tanszéke lett a közbeszerzési eljárás nyertese. 2007. év első félévében a légszennyezettség vizsgálatokat a Tanszék, a zaj elemzéseket pedig a munkában alvállalkozóként részt vevő Vibrocomp Kft. végezte.

A szélcsatorna méréseket és a számításokat a jelenleg hozzáférhető legkorszerűbb eszközök, szoftverek felhasználásával hajtottuk végre. A vizsgálatok legfontosabb eredményeit ebben a füzetben ismertetjük, amelyet a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. és a Műegyetem Áramlástan Tanszéke közösen jelentetett meg.

E füzet összeállítói arra törekedtek, hogy az érdekelteket, különösen az adott autót szakasz környezetében lévő települések (Óbuda-Békásmegyer, Budakalász, Üröm, Pilisborosjenő) lakosait, valamint a solymári csomópont közelében élőkét részletesen tájékoztassák a közlekedési eredetű levegőszennyeződés és zaj fő jellemzőiről, és bemutassák azokat a módszereket, eszközöket, amelyekkel a levegőszennyezettség és a zaj akár tíz év időtávban is megbízhatóan előre becsülhető. Ezek az ismeretek a füzet első részében található. Ezt követik a legfontosabb információk, településenként külön-külön füzetben részletesen bemutatjuk és értékeljük a vizsgálatok eredményeit: a tervezett útgűrű szakasz öt nyomvonala esetén a különböző közlekedési szennyezők várható koncentrációját, a közlekedési zaj várható szintjét a településeken és azok közelében.

Amennyiben az Olvasóban kérdések merülnek fel a füzet tartalmával kapcsolatban, további információk szerezhetők a Kármán Tódor Szélcsatorna Laboratórium M0 útgűrű légszennyezettség vizsgálatával kapcsolatosan létrehozott honlapján (www.karman-wtl.com). Ezen túlmenően szívesen rendelkezésre állunk kérdések megválaszolására, észrevételek megvitatására, a vizsgálatoknál alkalmazott eszközök, módszerek tanszéki bemutatására (az Áramlástan Tanszék elérhetőségei: H-1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 4-6., fax: (1) 463-3464, e-mail: info@ara.bme.hu).



(Dr. Lajos Tamás)
egyetemi tanár, tanszékvezető
BME Áramlástan Tanszék



(Reményik Kálmán)
elnök-vezérigazgató
Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.

A VÁRHATÓ LEVEGŐSZENYEZETTSÉG MEGHATÁROZÁSÁNAK ÉS ÉRTÉKELÉSÉNEK MÓDSZEREI (BME ÁRAMLÁSTAN TANSZÉK)

A Tanszék és alvállalkozója, a Vibrocomp Kft. a levegőszennyezettség és a zaj várható mértékét határozta meg a 2006. évi, valamint az M0 híd felépítése után 2010. és 2018. években útgűrű nélküli esetben, valamint öt különböző útgűrű nyomvonal-változatnál. A vizsgálatok eredményei alapján megítélhető, hogy a jelenlegi állapothoz képest 2010. és 2018. évben várhatóan milyen lesz a levegő minősége és a zaj az útgűrű melletti öt településen.

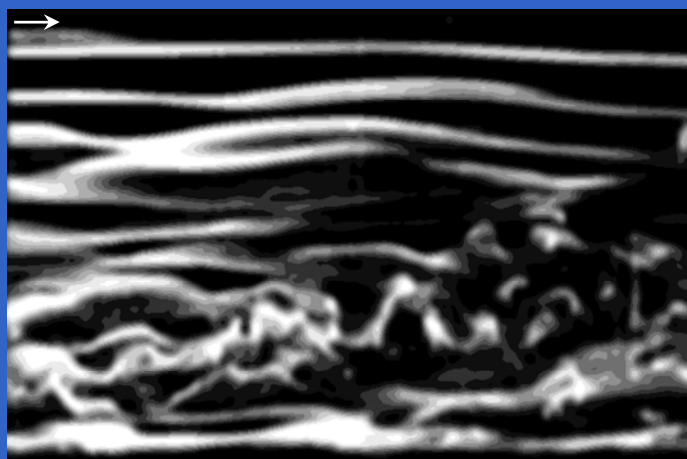
A SZENNYEZŐK TERJEDÉSE A LÉGKÖRBE

A légszennyezés folyamatának három mozzanata van:

- a szennyezőanyagok, pl. szénmonoxid kibocsátása a légkörbe (emisszió),
- a kibocsátott szennyezőanyag légkörben történő elszállítódása (transzmisszió), amely a szennyező hígulásával jár együtt, végül
- adott helyen a szennyezőanyag megjelenése (immisszió).

Nézzük meg részletesebben e három folyamatot a várható közlekedési légszennyezés előrejelzése szempontjából!

Miután az útgűrű szakasz még nem épült meg, nem végezhetünk helyszíni méréseket, megfigyeléseket, ezért a légszennyezés folyamatát modellezni kell. A járművek kipufogó csövein keresztül a légkör talajhoz közel lévő rétegébe, a határrétegbe kerülő szennyezőket az áramló levegő szállítja. A légköri határréteg szerkezetét az 1. ábrán látható turbulens örvények alakítják. A szennyezőanyagok (nemcsak a gázok, hanem a kisméretű porszemcsék is) gyakorlatilag együtt mozognak a levegővel, ezért az általuk megtett utat, a szélességi mező szerkezete határozza meg. Ha pl. egy kémény füstfáklyáját nézzük, megfigyelhetjük, hogy kiterjedése függőlegesen és vízszintesen egyaránt növekszik, azaz a koromszemcsék és a szennyező gázok koncentrációja a kéménytől távolodva folyamatosan csökken. A szennyezők folyamatos hígulását a turbulens áramlásban kialakuló örvények kölcsönhatása eredményeként létrejövő intenzív keveredés okozza. A 2. ábrán füst terjedése látható, míg a 3. ábra a bevezetett olajköd gyors hígulását, elkeveredését mutatja a solymári csomópont és környékének szélcsatorna modellje felett.



1. ábra Örvények a turbulens határrétegben



2. ábra Füst hígulása a légkörben



3. ábra Az olajköd elkeveredése a solymári csomópont szélcsatorna modellje fölött

A SZENNYEZŐANYAG-TERJEDÉS MODELLEZÉSE

Egy adott település adott helyén a mértékadó (teljes) levegőszennyezettség, az immisszió mértéke az autópályát megépítése után két részből tevődik össze: az M0 autópályát, valamint a 10. és a 11. számú főutak nélküli alap légszennyezettségből és az elkészült autópályán, valamint a főutakon haladó járművek által okozott kiegészítő légszennyezettségből. Amíg az alap légszennyezettség mérhető, addig a kiegészítő légszennyezettség csak modellezéssel határozható meg.

Az alap légszennyezettséget az ürömi és a solymári csomópont esetén a budapesti agglomeráció hasonló területein mért értékek átlagával vettük megegyezőnek. Ez a légszennyezettség tekintetében a legfontosabb szennyező, a nitrogénoxidok (NO_x) esetén az éves határérték 18%-a. Békásmegyeren pedig a hasonló településeken mért, a helyi forgalom hatására megnövekedett érték tekinthető alap légszennyezettségnek, amely az éves határérték közel 30%-át teszi ki.

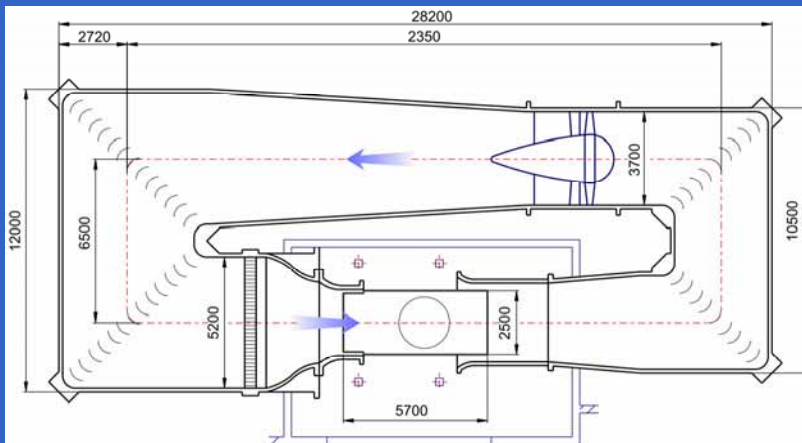
A szennyezőanyag-terjedés modellezése kétféle lehet:

- szélcsatornában, a vizsgált terület kicsinyített modelljén (ún. kismintán), vagy
- a jelenségek számításal történő leírásával, numerikus szimulációval.

Miután a szennyezők mozgását a levegő áramlása határozza meg, a helyes modellezés fontos feltétele mindkét esetben, hogy az atmoszféra talaj közeli rétegében kialakuló, a szennyezőanyagok hígulását alapvetően befolyásoló turbulens áramlás jellemzőit helyesen modellezzük.

A LÉGSZENNYEZÉS ELŐREJELZÉSE SZÉLCSATORNA MODELLEZÉSEKEL

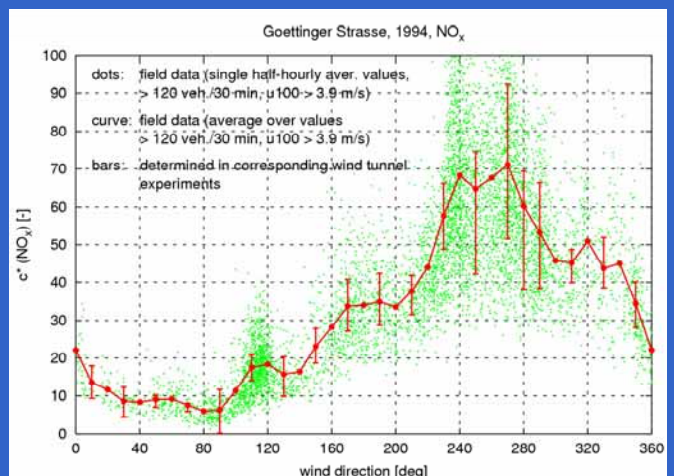
A szélcsatorna egy olyan berendezés, amelyben szabályozott körülmények között lehet meghatározott áramlási viszonyokat létrehozni, így az atmoszféra alsó részén, a határretegben kialakuló áramlást és a kipufogógáz terjedést modellezni. E füzet előlapján, valamint a 4. ábrán látható az Áramlástan Tanszék Kármán Tódor Szélcsatorna Laboratóriumának legnagyobb szélcsatornája, amelyben légköri szennyezőanyag-terjedési vizsgálatokat végzünk.



4. ábra Az Áramlástan Tanszék vízszintes szélcsatornája (előtérben a solymári csomópont modellje)

A valóságos szennyezőanyag-terjedés viszonyok helyes előrejelzése az atmoszférikus határréteg korrekt modellezésén kívül megköveteli a valóságos domborzathoz, az áramlást befolyásoló épületekhez, növényzethez geometriailag hasonló modell elkészítését és meghatározott áramlási sebesség alkalmazását.

A szélcsatorna mérési módszer megbízhatóságának igazolására az 5. ábra bal oldalán mutatjuk meg Hannover egy forgalmas utcájának modelljét, jobb oldalon pedig a valós városi környezetben végzett légszennyezettség mérések és a szélcsatorna modellkísérletek eredményeinek összehasonlítását. A jobboldali diagramon a szélirány függvényében zöld pontok jelzik a vizsgált utcában mért légszennyezettségi adatokat, a függőleges piros vonalak pedig a szélcsatorna modellen mért értékeket jelzik. Látható, hogy a szélcsatorna méréssel kapott eredmények jól közelítik a valóságos légszennyezettséget. Az Áramlástan Tanszéken alkalmazott mérési módszer megegyezik a nemzetközi előírásokban meghatározott és hasonló mérésekkel igazolt eljárásokkal.



5. ábra Városban és szélcsatorna modellen végzett mérések összehasonlítása

A VIZSGÁLT TERÜLET MODELLJE

A várható légszennyezettség szélcsatorna vizsgálatához elkészítettük az M0 útgyűrű északi szakasza körüli terület 1:1000 léptékű modelljét. A 6. ábrán a modellezett terület térképe látható a vizsgált autótút nyomvonalakkal és a később tárgyalt mintavételi helyekkel. A 7. ábrán pedig a 3,5 tonna tömegű falemezből készült, 62 részből álló, összesen közel 30m² alapterületű modell fényképe látható: bal szélén a solymári csomópont, jobb szélén pedig Óbuda-Békásmegyer. A 8. ábrán a modell néhány részletét (alagút kijárat, autótút, híd, épületek és erdő modelljét) mutatjuk meg. A modell felszínét színes nyomtatott poliészter textília fedi, amelyre rányomtattuk a terület méretarányos térképét és a nyomvonalváltozatokat. A tervezett autótút nyomvonalak mentén és az alagút kijáratoknál a modellbe építettük azokat a forrásokat, amelyeken keresztül a modellkísérletnél a kipufogógázokat helyettesítő nyomgázt az áramló levegőbe vezettük. Ezt követően került fel a szélcsatorna modellre a térképen szereplő összes épület fából készült egyszerűsített modellje.



6. ábra A modellezett terület az autóút nyomvonal-változatokkal és a mintavételi pontokkal



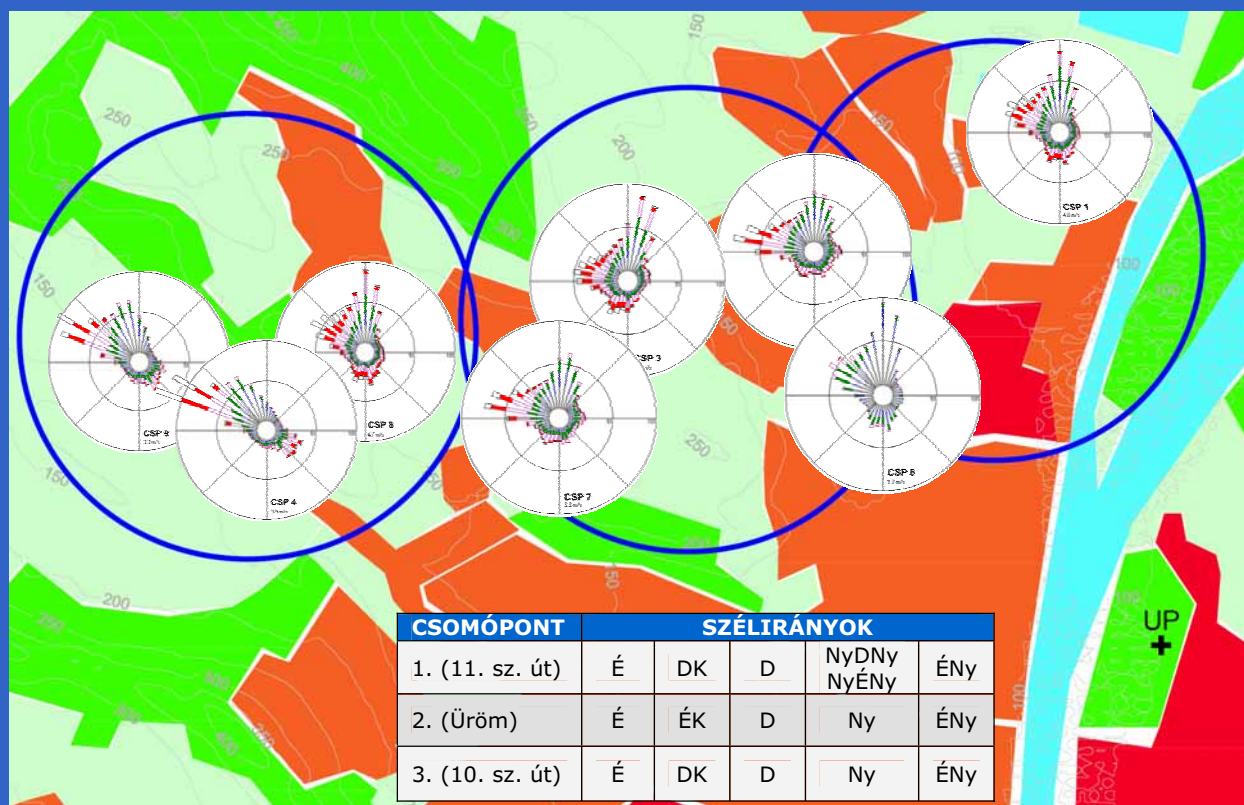
7. ábra A teljes terep modell az Áramlástan Tanszék laboratóriumában



8. ábra A modell néhány részlete: alagút kijárat, autóút, híd, épület modellek, erdő

A SZÉLCSATORNA MÉRÉS VÉGREHAJTÁSA

A szélcsatorna vizsgálatok első lépéseként meghatároztuk a vizsgált terület légszennyezés tekintetében fontos helyein a leggyakoribb 4-5 szélirányt, amelyek összegzett éves gyakorisága a 80%-ot meghaladja. A szélviszonyok (szélirányok és szélsébségek) a vizsgált terület egyes részein a domborzat, a növényzet és a beépítés hatására egymástól és az Országos Meteorológia Szolgálat (OMSZ) legközelebbi, újpesti mérőállomásán (ld. 9. ábrán „UP”) mértéktől eltérnek, ezért saját számítások mellett felkérésünkre az Országos Meteorológia Szolgálat, valamint egy német cég külön-külön további számításokat végzett, amelyek csomópontonként 2-3 szélrózsát eredményeztek. A 9. ábrán láthatók a szélrózsák, valamint egy táblázat az egyes csomópontokban kapott leggyakoribb szélirányokkal, amelyeknél a szélcsatorna méréseket végeztük.



9. ábra Szélrózsák a vizsgált terület különböző részein

Adott széliránynak megfelelően, a kiadvány fedőlapján lévő képen látható módon helyezzük el a modell (ld. 7. ábra) egy részét a szélcsatorna mérőterébe. Megindítjuk a szélcsatorna ventilátorát, és beállítjuk az áramlási sebességet. Ekkor a szélcsatornában a terep fölött és a településeken kialakuló valós áramláshoz minden tekintetben hasonló áramlás jön létre a szélcsatornában a modell felett.

Annak érdekében, hogy helyesen modellezzük az autópályán keletkező és az alagutakból kilépő kipufogógázok terjedését, az utak és alagút kijáratok modelljein (ún. vonal- és pontforrásokon) előírt mennyiségű nyomgázt (metánt) bocsátunk ki egyenletesen az áramló levegőbe. Az útszakaszok modelljein a nyomgáz a 10. ábrán látható műanyag csőbe szűrt injekciós tűkön és a 8. ábrán látható filc rétegen keresztül áramlik a levegőbe. A vonalforrás-szakaszokban egymástól egyenlő távolságban elhelyezett injekciós tűk és a gázelosztó csövet lefedő filc réteg a nyomgáz egyenletes bevezetését szolgálják.

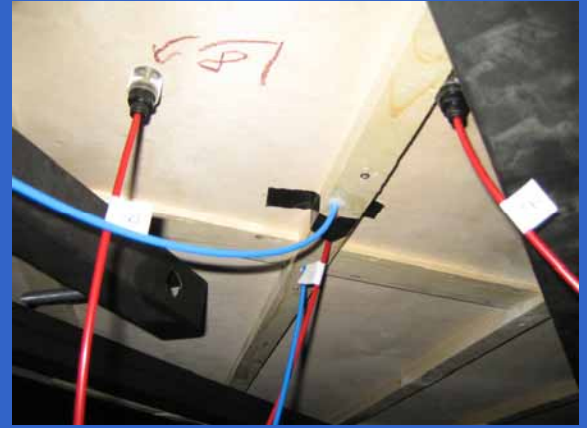


10. ábra Vonal menti forrásnál alkalmazott nyomgáz elosztó cső

A vizsgált területen kijelöltük mintavételi helyeket, ahol meg kívánjuk határozni a levegő szennyezettségét. Ezek kiválasztásának szempontjai:

- várható nagy légszennyezettség (a szennyező forráshoz közeli hely),
- sűrűn lakott terület,
- sokak által látogatott intézmények,
- kiemelkedő minőségi követelmények (pl. kórház, iskola, játszótér),
- közterületek.

A 11. ábrán láthatóhoz hasonló mintavevő furatok és ezekhez csatlakozó csöveken keresztül számítógép-vezérelt mintavevő rendszer segítségével levegőmintákat veszünk, és a 12. ábrán látható gázelemző berendezéssel megmérjük a mintákban lévő nyomgáz koncentrációját.



11. ábra Számokkal jelzett mintavételi furatok és a modell alatti piros mintavevő csövek

Ennek ismeretében adott (pl. csúcsórai) járműforgalomhoz tartozó kipufogógáz kibocsátás meghatározása után kiszámolható, hogy a valóságban az adott helyen, adott szélirány és szélesség mellett mekkora a kiegészítő légszennyezettség. Ehhez hozzáadjuk az alap légszennyezettséget, és megkapjuk a szennyezőanyagok várható mértékadó, (teljes) koncentrációját, az immisszió értékét. Ismerve az egyes szélirányok és szélességek gyakoriságát, kiszámolható, hogy a csúcsforgalmi órában, csúcsórán kívül és éves átlagban mekkora az adott pontban a levegőszennyezettség.

Annak érdekében, hogy a csúcsforgalomban óránként várhatóan áthaladó járművek számából helyesen határozzuk meg a várható szennyező kibocsátást, a Központi Statisztikai Hivataltól kaptunk, a közúti járművekre vonatkozó adatok alapján számításokat végeztünk. Megállapítottuk, hogy az 1990 évinél nem régebbi hazai személygépkocsi park szennyező kibocsátás szerinti összetétele nagyon hasonló a négy évvel korábbi német személygépkocsi parkéhoz. Ilyen módon a 2006. és 2014. évi német adatok és előrejelzés alapján megbízható becslést adhattunk 2010. és 2018. évi hazai gépkocsi park szennyező kibocsátására.

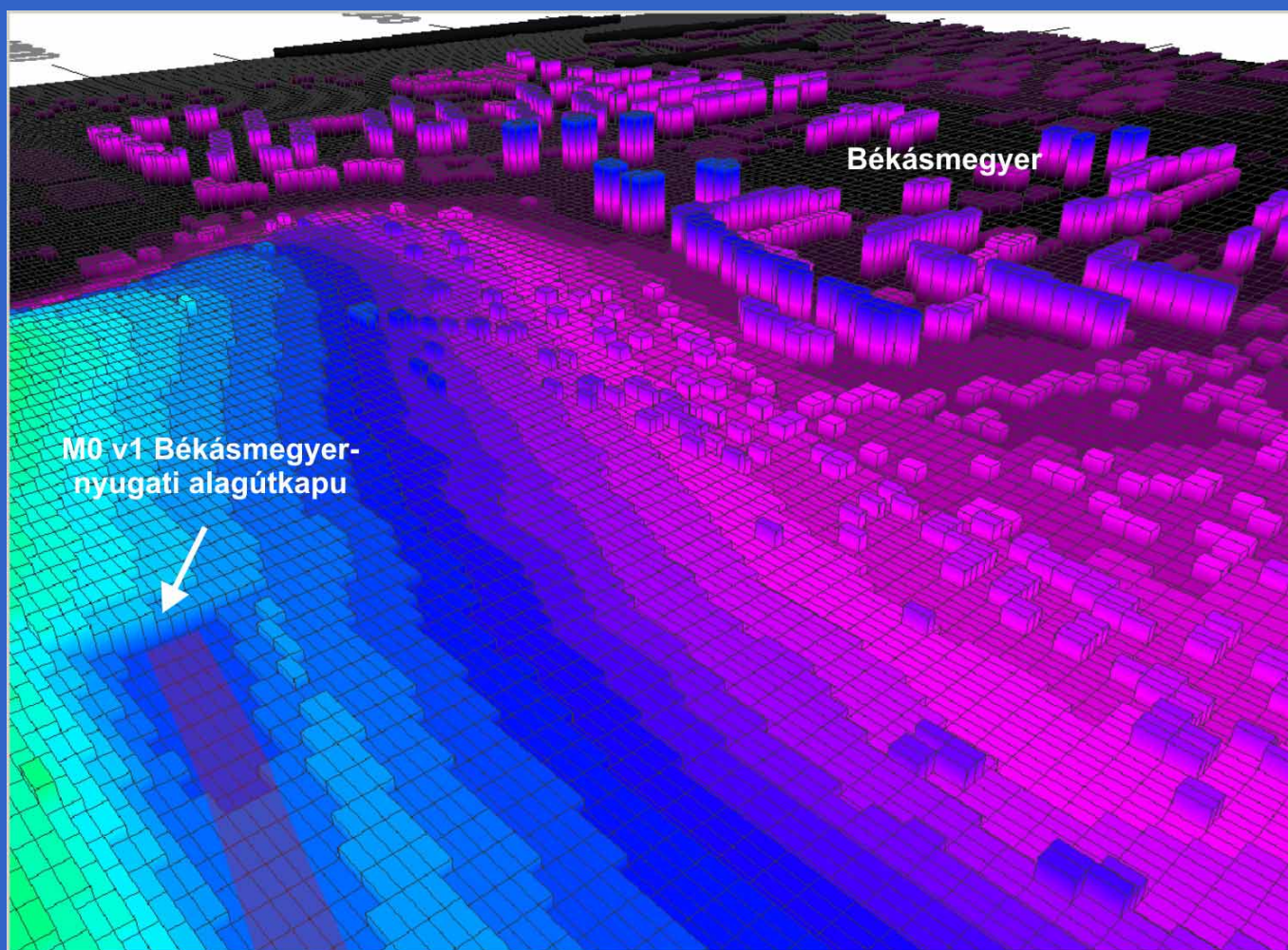


12. ábra Mintavevő és koncentrációmérő berendezés

LÉGSZENNYEZETTSÉG VIZSGÁLATOK AZ ÁRAMLÁS SZÁMÍTÁSÁVAL

Az atmoszféra alsó rétegében lejátszódó áramlási és szennyezőanyag-terjedési folyamatok modellezésének és ezzel a várható légszennyezettség meghatározásának másik módszere a folyamatok számításával (numerikus szimulációval) történő modellezése, meghatározása.

A Tanszék az erre a célra Németországban kifejlesztett MISKAM[®] szoftvert alkalmazza, amelyet főként német nyelvterületen használnak kiterjedten. A szoftver használatához az atmoszféra vizsgált részét több millió térfogatrészre, ún. cellára osztjuk fel, majd adott szélirány, szélesség megoszlás, domborzat, épületek és növényzet figyelembevételével, számításal oldjuk meg az áramlást és a szennyezőanyag-terjedést leíró egyenleteket. A MISKAM[®] szoftver derékszögű, nem azonos térfogatu hálót alkalmaz (ld. 13. ábra).

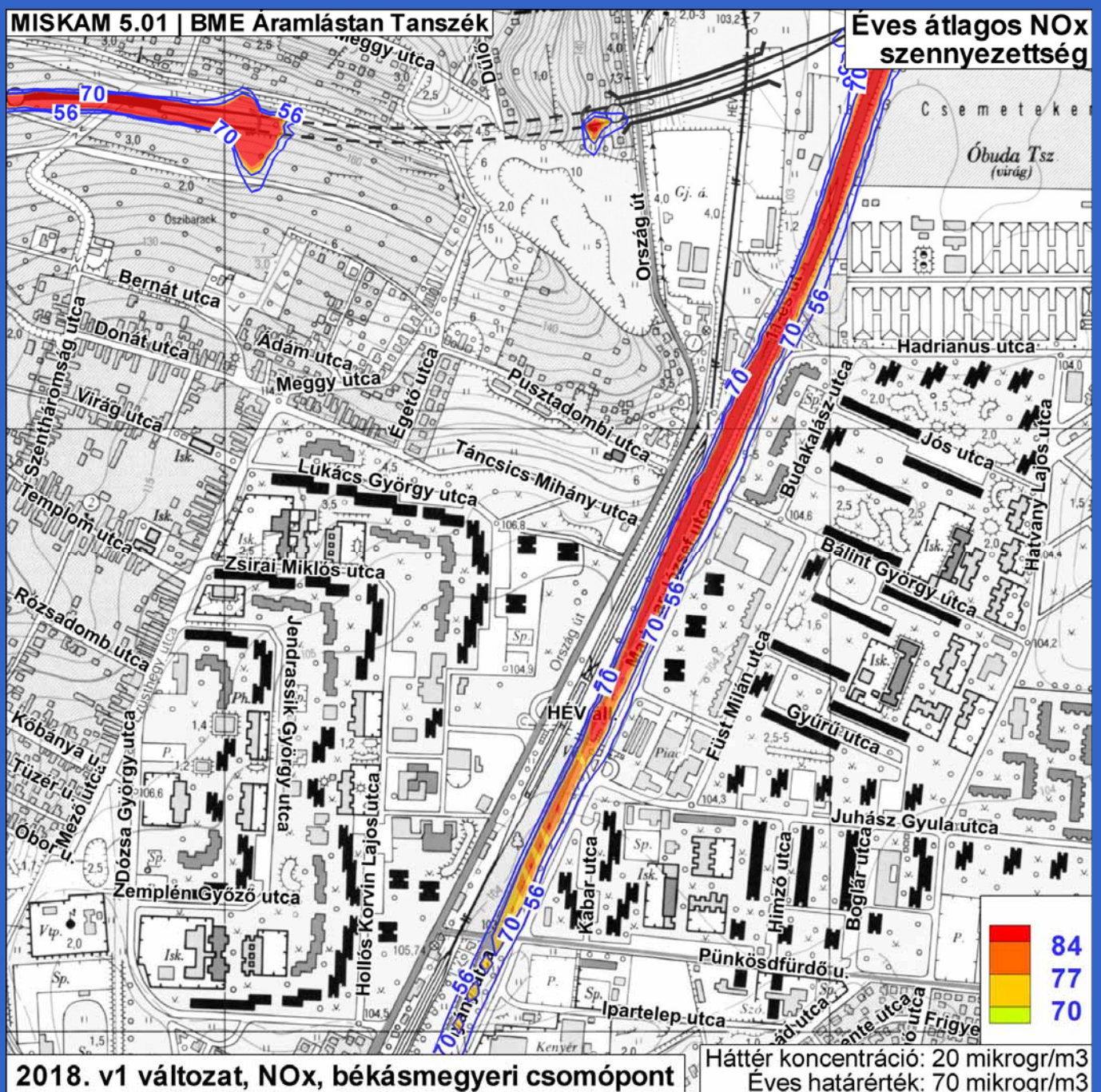


13. ábra Óbuda-Békásmegyer és környezete numerikus modellje

A numerikus szimulációval térbeli koncentráció megoszlásokat kapunk, amelyek alapján szemléletesen bemutatható a levegőszennyezettség alakulása pl. 1,9 m magasságban (ld. 14. ábra, ahol színek mutatják a levegőszennyezettség mértékét, a szennyezőanyag koncentrációt: citromsárga, narancsszínű és piros szín a határértéket egyre jobban meghaladó értéket jelzi. A határérték és annak 80%-a közötti koncentráció tartományba eső légszennyezettségű területeket kék vonalak és az azokra írt számok jellemzik.

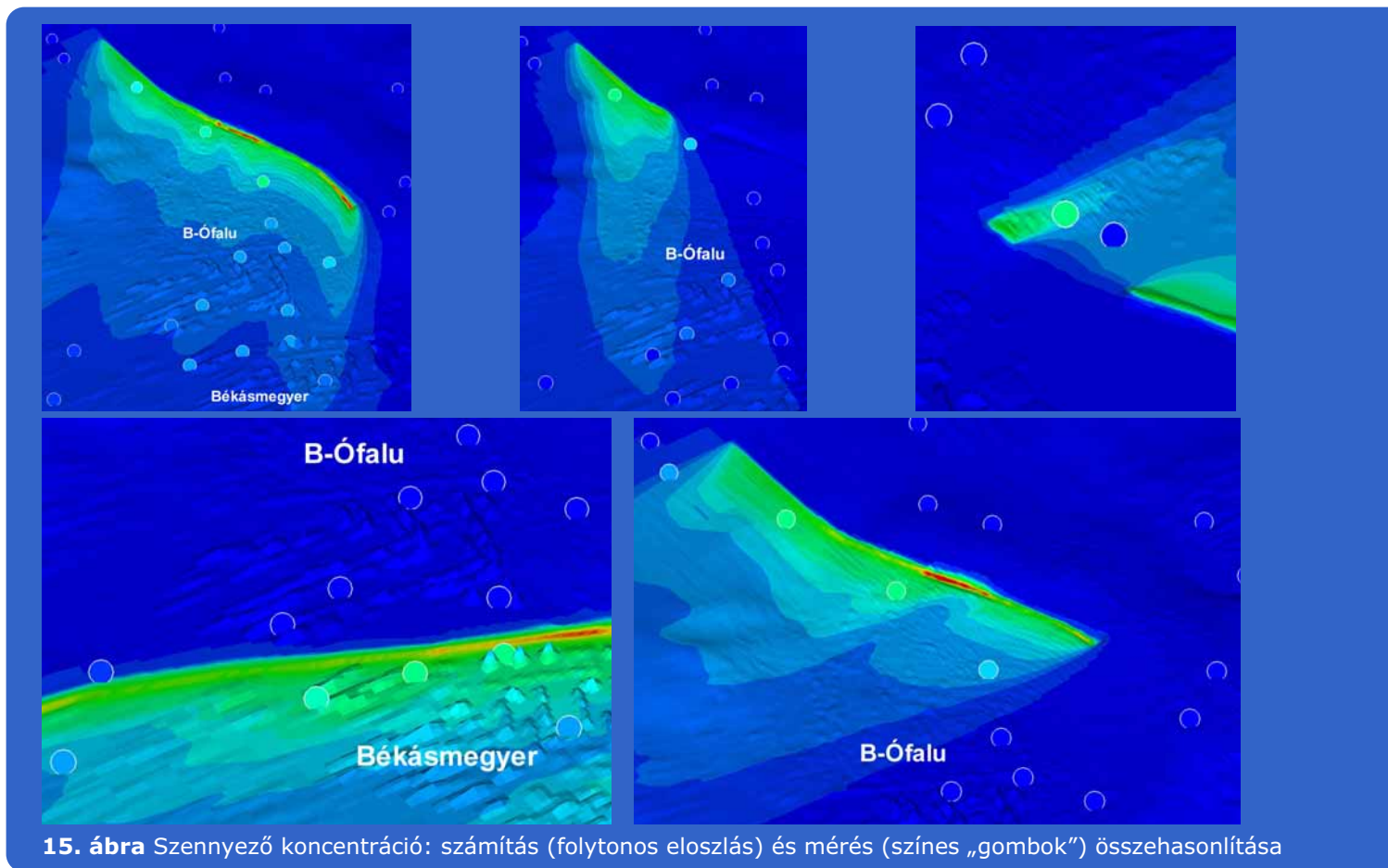
A levegő szennyezettségére vonatkozó információkat bemutató koncentráció megoszlás ábrákban (ld. 14. ábra) az alábbiakban felsorolt szöveges információkat adtuk meg:

- Felül balról jobbra látható:
 - a numerikus szimulációnál használt szoftver típusa („MISKAM 5.01”),
 - a számítást végző intézmény („BME Áramlástan Tanszék”),
 - végül az az időtartam, amire a számítás vonatkozik (pl. a csúcsgalimi időszakra vonatkozó „csúcSORai”, „24 órás átlag”, „éves átlag”).
- Alatta az adott időtartamra vonatkozó határérték (pl. „70 mikrogr/m³”) olvasható.
- Az ábrák bal alsó sarkában egy jelsorozat látható, amelynek:
 - az első eleme az az év, amelyre a számítás vonatkozik (pl. „2018.”),
 - második a vizsgált útgyűri szakasz nyomvonalának a jele: pl. „v1”: az 1. sz. nyomvonal-változat (a lehetséges időpont és nyomvonal kombinációk jelét és magyarázatát a 2. táblázatban adtuk meg),
 - majd a vizsgált légszennyező jelét tüntettük fel (pl. „NOx”),
 - végül az alsó jelsor a csomópont nevével (pl. „békásmegyeri csomópont”) zárul.
 - A szélirányonkénti ábrákon megjelenik még a szélirány azonosítója (pl. „É”: észak). Az utána következő, zárójelben lévő szám pedig az adott szélirány gyakoriságát (pl. „30,7%”) adja meg.
- A jobb alsó sarokban, legfelül az alap (háttér) légszennyezettség értékét (pl. „20 mikrogr/m³”) tüntettük fel.
- Az ábra alsó jobb sarkában a háttér (alap) légszennyezettség koncentrációja és határérték felett továbbá a koncentrációt jelző színskála és a hozzá rendelt koncentráció értékek is láthatók. A sárga, narancs és piros szín a határértéknél egyre nagyobb értékekre utal. A színek pontos jelentését lásd a következő („A légszennyezettség értékelése”) fejezetben.



14. ábra NO_x koncentráció eloszlása a békásmegyeri csomópontban, éves átlag

A számítási eredményeket összevetettük a szélcsatorna méréssel, és arra a következtetésre jutottunk, hogy a MISKAM[®] szoftverrel számított koncentráció értékek kielégítően egyeznek a szélcsatornában mért értékekkel. A 15. ábrán látható a vizsgált terület több részére számítással meghatározott szennyező koncentráció eloszlás. A színes „gombok” az adott helyen a szélcsatornában mért koncentráció értékeket mutatják. Látható, hogy a számítás és a mérés a legtöbb helyen ugyanazt, vagy csak kis mértékben (egy színárnyalattal) eltérő értéket adott. Mindezek alapján megállapítottuk, hogy a számítások alkalmasak az áramlási és szennyezőanyag-terjedési folyamatok meghatározására.



15. ábra Szennyező koncentráció: számítás (folytonos eloszlás) és mérés (színes „gombok”) összehasonlítása

A LÉGSZENNYEZETTSÉG ÉRTÉKELÉSE

Miután az áramlás és a szennyező terjedés számítási módszert a szélcsatorna mérések igazolták, az útgűrűn haladó járművek által kibocsátott szennyezőanyagok koncentrációját talajfelszín fölött 1,9 m magasságban a forgalomsűrűség és az egyes járműfajták szennyező kibocsátási adatai alapján a számítással határoztuk meg. A vizsgálatba a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a nitrogénoxid (NO_x) és szénmonoxid (CO) gázt, valamint a szállóport (PM₁₀) vontuk be.

A mértékadó levegőszennyezettség mértéke – ahogyan előzőekben említettük – az alap levegőszennyezettség és az útgűrűn, valamint a 10. és 11. sz. főutakon haladó járművek által okozott kiegészítő levegőszennyezettség összegeként határozható meg. A térség egyes részein a levegő minőségét úgy értékeljük, hogy a mértékadó levegőszennyezettséget összevetjük a vonatkozó rendeletekben rögzített egészségügyi határértékekkel.

Az 1. táblázat a vizsgált szennyezőkre vonatkozó határértékeket és a számítások során alkalmazott alap légszennyezettség értékeket tartalmazza.

1. táblázat Szennyezőanyag határértékek és alap légszennyezettség értékek

LÉGSZENNYEZŐ ANYAG	határérték [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			alap légszennyezettség [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	órás	24 órás	éves	
nitrogén-oxidok (NO_x)	200	150	70	12,6 ⁽¹⁾ 20 ⁽²⁾
szénmonoxid (CO)	10 000	5 000	3 000	570,5 ⁽³⁾
szálló por (PM_{10})		50	40	31,7 ⁽³⁾ 20 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Az ürömi és solymári csomópontban

⁽²⁾ A békásmegyeri csomópontban

⁽³⁾ Budapest, BP4 pesthidegkúti mérőállomás adata

Általános tapasztalat, és egyszerűen belátható, hogy adott szennyező kibocsátás esetén adott helyen annál kisebb a légszennyezettség (a szennyező koncentráció), minél nagyobb a szél. Ha pl. duplájára nő a szélesség, akkor kétszer annyi levegő viszi el a szennyező gázt, ezért a szennyező koncentráció felére csökken.





Felmerül a kérdés, hogy a modellmérés és a számítás eredményei alapján hogyan értékelhető a levegő várható szennyezettsége.

A legfontosabb jellemző az adott szennyező éves átlagkoncentrációjának eloszlása a vizsgált területen, amely valamennyi szélirányt és azon belül a különböző szélességeket, valamint a különböző forgalomsűrűségeket (levegőbe jutó kipufogógáz mennyiségeket) a gyakoriságuknak megfelelően súlyozva veszi figyelembe. A vonatkozó rendeletek az éves átlagkoncentrációra adják meg a legkisebb, legszigorúbb határértéket.

A szennyező koncentráció éves átlagát úgy adjuk meg, hogy a térképeken különböző színekkel jelöljük azokat a területeket, amelyeken a szennyező koncentrációja a határértékhez, mint 100%-hoz viszonyítva egy adott értéktartományba esik. Az eredmény-térképek jobb áttekinthetősége miatt a határérték feletti területeken az alábbi egységes színekkel használtuk, a határérték alatti tartományra pedig a határérték 80%-ához tartozó szintvonalat adtuk meg.



Azaz az ábrákon használt vonal- ill. színek az alábbiakat jelentik:

	KÉK vonal	: a határérték 80%-át és 100%-át jelölő szintvonalak,
	SÁRGA	: a határérték (100%) és a határérték 110%-a közötti,
	NARANCS	: a határérték 110%-a és 120%-a közötti,
	PIROS	: a határérték 120%-ánál nagyobb érték.

Ugyanakkor figyelemmel kell lennünk csúcsórai légszennyezettségre is, amely csúcsforgalmi kipufogógáz kibocsátás esetén adott szélirányra és szélességre vonatkozóan adja meg a szennyező koncentrációjának értékét a vizsgált település környezetében. Miután a levegőszennyezettség a szélességtől nagymértékben függ (minél kisebb a szél, annál nagyobb), ezért az autót, alagút kijárat felől a vizsgált település irányába mutató szélirányok esetén azokat a területeket körülvevő vonalakat adjuk meg, amelyeken adott (2, 3 és 4 m/s) szélességeknél nagyobb sebességek esetén a szennyező koncentrációja eléri, vagy meghaladja a határértéket.

A legkisebb szélességnek a 2m/s szélességet vettük 50m magasságban. Ennél kisebb szélességeknél a meleg kipufogógáz sűrűségkülönbség miatti feláramlásának és a mozgó járművek által keltett áramlásnak, turbulenciának van döntő szerepe a szennyező terjedésében. Mindkét hatás a szennyező talajról való felemelkedését, a környező levegővel való elkeveredését segíti elő. Ennek hatására az autópályától távolabb elhelyezkedő területeken kisebb légszennyezettség várható, mint ami a sebesség nagyságából adódna.

A fenti táblázatnak megfelelően a koncentráció eloszlásokat NO_x és CO szennyeződés esetén csúcsforgalmi órai és éves átlaggal, PM₁₀ esetén pedig 24 órás és éves átlaggal jellemeztük. A 24 órás átlagot adott szélirányokra és szélességekre számoljuk a munkanapokra átlagolt forgalomsűrűséggel.

A légszennyezettség megoszlását a 2. táblázatban látható időpontokra és nyomvonal-változatokra határoztuk meg. A táblázat első oszlopában szereplő jeleket alkalmazzuk az egyes változatok megkülönböztetésére.

2. táblázat A vizsgált változatok

JEL	MAGYARÁZAT
2006_v0	A jelenlegi légszennyező koncentráció megoszlás.
2010_v0	2010-ben várható légszennyező koncentráció megoszlás, amikor még nincs kész az autópályaszakasz.
2018_v0	2018-ban várható légszennyező koncentráció megoszlás abban az esetben, ha nem építik meg az autópályaszakaszt.
2018_v1	2018-ban várható légszennyező koncentráció megoszlás abban az esetben, ha az 1. nyomvonal-változat szerint épül meg az autópályaszakasz.
2018_v3	2018-ban várható légszennyező koncentráció megoszlás abban az esetben, ha a 3. nyomvonal-változat szerint épül meg az autópályaszakasz.
2018_v3.1	2018-ban várható légszennyező koncentráció megoszlás abban az esetben, ha a 3.1. nyomvonal-változat szerint épül meg az autópályaszakasz.
2018_v6	2018-ban várható légszennyező koncentráció megoszlás abban az esetben, ha a 6. nyomvonal-változat szerint épül meg az autópályaszakasz.
2018_v6.1	2018-ban várható légszennyező koncentráció megoszlás abban az esetben, ha a 6. nyomvonal-változattól csak a solymári csomópontban lévő alagút kijárat helyében különböző 6.1. nyomvonal-változat szerint épül meg az autópályaszakasz.

A ZAJTERHELÉS MEGHATÁROZÁSI ÉS ÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREI (VIBROCOMP KFT.)

Az M0 autópályán egyes szakaszai lakóterületek mellett haladnak el, ahol a domborzati adottságok és a beépítés nagymértékben befolyásolják a zajterhelés alakulását.

A zajterhelés megállapítására két lehetőség van: az egyik a mérés, ilyenkor OMH által hitelesített 1. pontosságú osztályú műszerrel történik a zaj mérése; a másik a zaj meghatározása a gépjármű forgalomsűrűség, a sebességek, az útburkolati tényezők alapján számítógépes szimuláció segítségével.

A jelenlegi zajhelyzet meghatározására a legegyszerűbb módszer a hosszú idejű mérés elvégzése. A létesítendő utaknál, így az M0 tervezett szakaszánál is, a zajterhelést nem lehet megmérni, hiszen nincs meg az út, így a jelenlegi projekt keretei között a zajterhelést számítással határoztuk meg.

Az M0 tervezett szakaszán haladó járművek által okozott zajterhelés előrebecslését számítógépes szimulációval végezzük. A szimuláció lényege, hogy a valóság lehető legpontosabb mását „építsük meg” modellként. A valóság minél pontosabb és részletesebb mása épül meg a számítógépes szimuláció eredménye, azaz a várható zajterhelés meghatározása is.

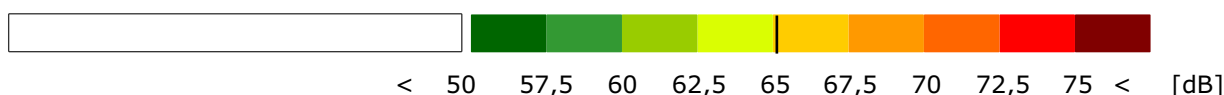
Az épületek és a domborzat zajterjedésre gyakorolt hatását figyelembe véve háromdimenziós domborzati modell készült a területről. A modell tartalmazza mindazon akusztikai paramétereket, amelyeket a zaj számítása és terjedése szempontjából figyelembe kell venni. A projekt kiemelkedő fontossága miatt közel 0,5 méteres pontossággal modelleztük az érintett területet.

A zajterhelés vizsgálatát a magyar jogszabályoknak eleget tevő német SoundPLAN® 6.4 célszoftverrel végeztük. A zajszámítást az autópályán esetében a közvetett és a közvetlen hatásterületen alkalmaztuk, a zajszámítás színes grafikus és táblázatos eredményei egyértelműen megmutatják a tervezett autópályán zajhatását a lakosságra.




A SoundPLAN® 6.4 célszoftver számítási eredményei mérésekkel igazoltak, ennek következtében a hatóságok hivatalos eljárásoknál a számítási eredményeket elfogadják.

Példaként említhető, hogy egy a közelmúltban elvégzett fővárosi vizsgálat keretében a jelenlegi zajterhelést méréssel és számítással is meghatározták. A kapott eredmények összehasonlítása azt mutatta, hogy a számítás hibahatáron belül visszaadta a méréssel meghatározott zajszintet. Ez a tapasztalat is bizonyítja az alkalmazott számítási eljárás alkalmasságát zajterhelés előrejelzésére.

A számítások eredményeként megkapjuk a vizsgált terület várható zajterhelését, amelyet jól láthatóan, színes skálán ábrázolunk. Az ábrák részletességének köszönhetően a teljes hatásterület minden egyes épületénél meghatározható a várható zajszint. A zajterhelés mérőszáma a decibel (dB), ezt ábrázoltuk különböző színekkel az alábbi színskódot használva.



Tehát az ábrákon használt színskódok az alábbiakat jelentik:

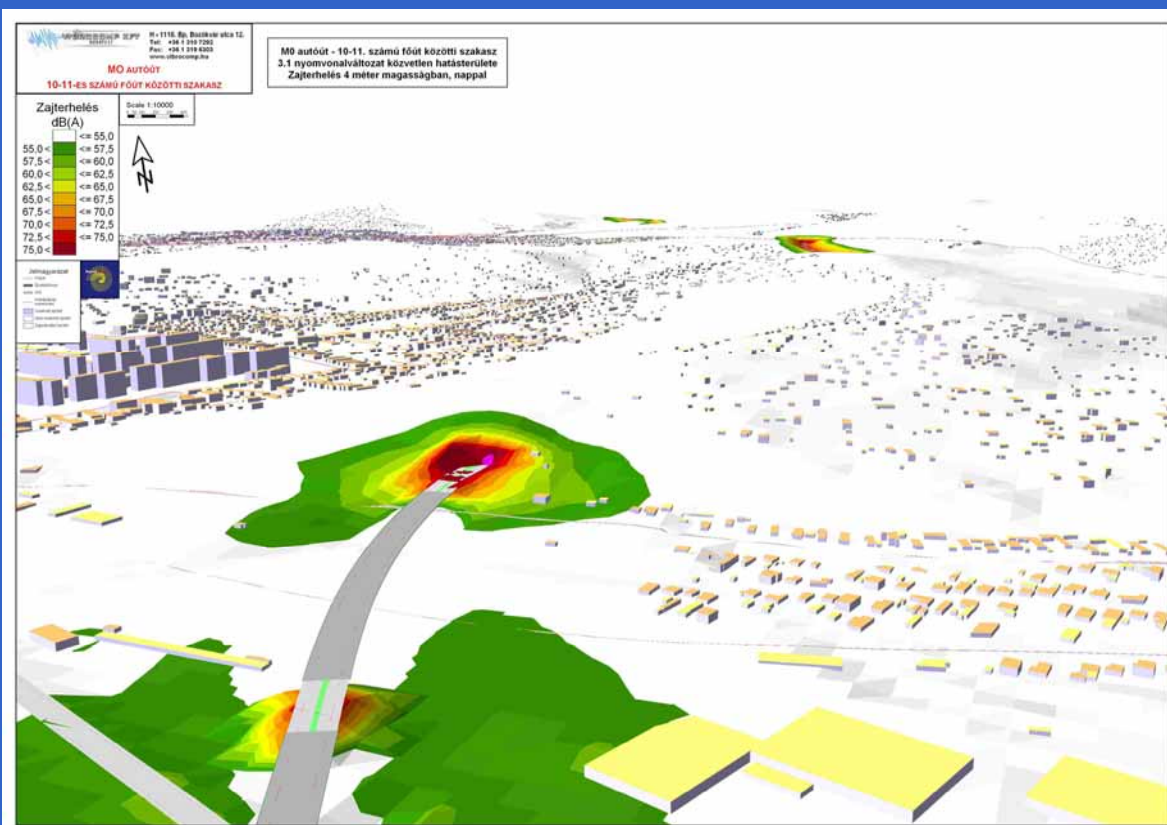
	FEHÉR szín	: <50 dB, a zajterhelés észlelhető, de nem zavaró,
	ZÖLD színek	: 50÷65 dB közötti értékek, a zajterhelés észlelhető, de nappal még nem éri el a határértéket,
	SÁRGA ÷ PIROS	: >65 dB, a zajterhelés meghaladja a határértéket.

A 16. ábrán, mely a Flórián teret és környékét ábrázolja jól látható az autópályán által közvetetten érintett terület háromdimenziós modellje. Megfigyelhetők az épületek mögötti gyors színváltozások, amelyek az épület zajárnyékoló (zajvédő) hatását teszik láthatóvá. A modell a közvetett hatásterületre szinte teljes egészében tartalmazza Budapest III. kerületét.







16. ábra Részlet a közvetett hatásterületből

A vizsgálat során az útgűrű szakasz különböző nyomvonalváltozatait modelleztük annak érdekében, hogy meghatározzuk a zajterhelés szempontjából legkedvezőbb nyomvonalat. A 17. ábra a 3.1. nyomvonal háromdimenziós modelljéből mutat egy részletet (Óbuda-Békásmegyer és környéke). Az ábrán különösen érdemes megfigyelni a terepviszonyok figyelembe vételét, modellezését, illetve az alagút szájánál kismértékben megnövekedő zajszintet.

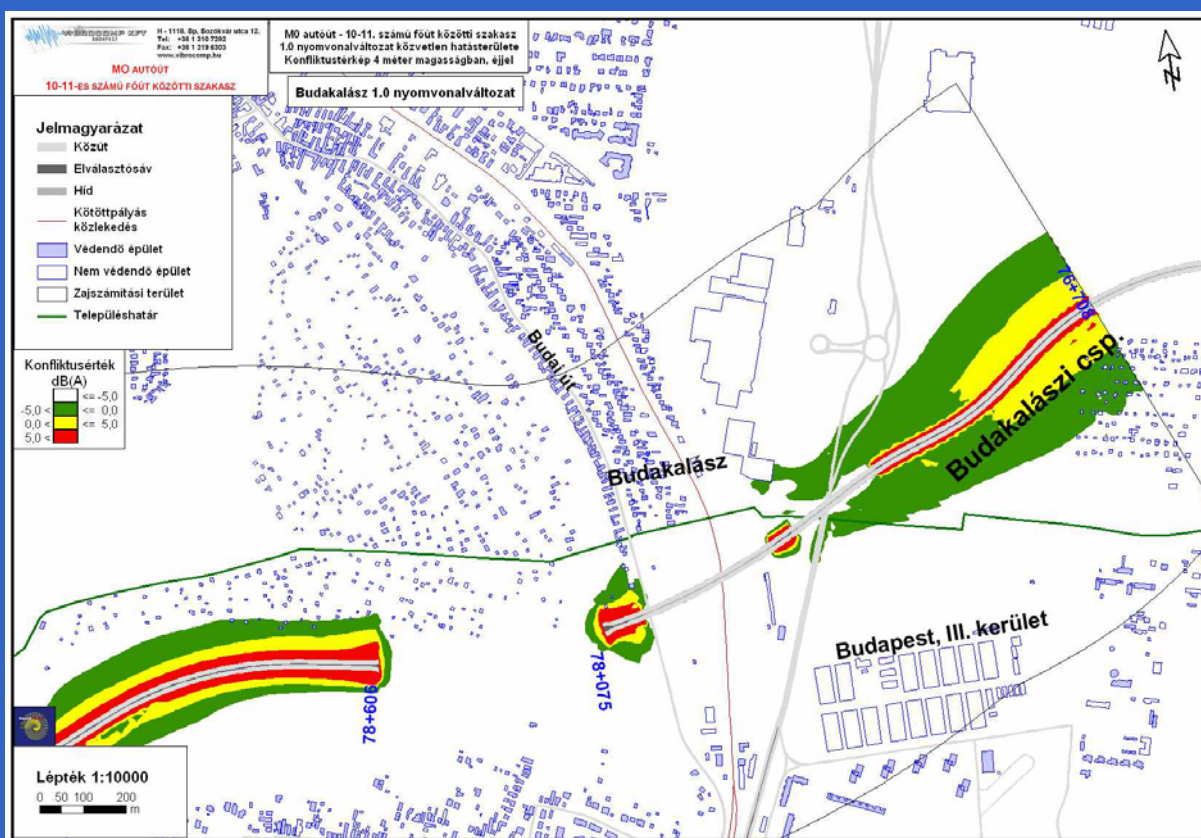


17. ábra A 3.1. nyomvonal-változat digitális modellje

A projekt keretei közül elkészült egy másik, igen látványos ábraszorozat, az úgynevezett konfliktustérkép sorozat. A konfliktustérkép a várható zajterhelés viszonyát mutatja a zajterhelési határértékhez.

	FEHÉR	: zajterhelés több mint 5dB értékkel kisebb, mint a határérték, ezen a területen a zajterhelés messze nem közelíti meg határértéket, a zajterhelés alig észlelhető,
	ZÖLD	: a határértékhez közeli, de még határérték alatti zajterhelés, ezen a területen a zajterhelés észlelhető, de nem zavaró,
	SÁRGA	: enyhén határérték fölötti zajterhelés,
	PIROS	: a zajterhelés több mint 5dB értékkel nagyobb, mint a határérték.

A 18. ábra egy minta konfliktustérképet mutat, az 1. nyomvonal-változat Budakalászt, illetve Óbuda-Békásmegyert érintő szakaszát.



18. ábra Konfliktustérkép az 1. nyomvonal-változat Budakalászt, illetve Békásmegyert érintő szakaszán

A konfliktustérképeket a fentiek szerint értelmezve kiderűl, hogy a tervezett nyomvonal lakott terűleteken nem okoz a megengedett határértéket meghaladó zajt: a lakóépűletek csak a fehér, vagy zűld színű terűleteken helyezkednek el.

A fűzet további, másodikk részében egy-egy telepűlés és környezete szempontjából mutatjuk be és értékelűjuk a légszennyezettűségi és zajterhelési vizsgálatok eredményeit.

A LEVEGŐSZENYEZETTSÉG JELENLEGI ÉS VÁRHATÓ ÉRTÉKE PILISBOROSJENŐ HELYSÉGBEN

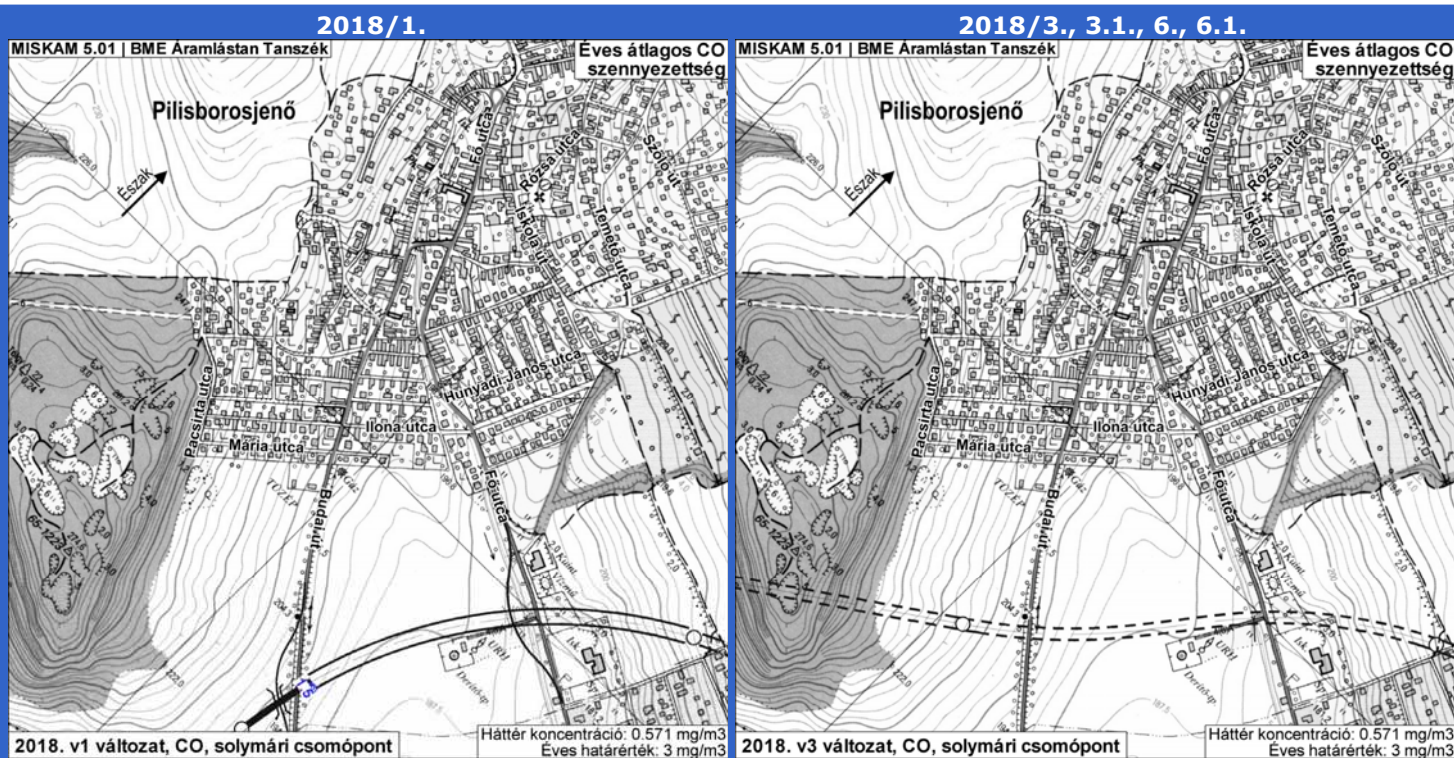
Először vizsgáljuk meg, hogy a szénmonoxid (CO), a szállópor (PM₁₀) és a nitrogénoxid (NO_x) szennyezők közül melyik közelíti meg, vagy haladja meg a határértéket lakott területeken, vagy azok közelében.

Az összehasonlítást az 1. és a 3. (ugyanaz érvényes 3.1., 6. és 6.1. változatokra is) nyomvonal-változatokra végezzük el, de a levont következtetések érvényesek a többi vizsgált változatra is.

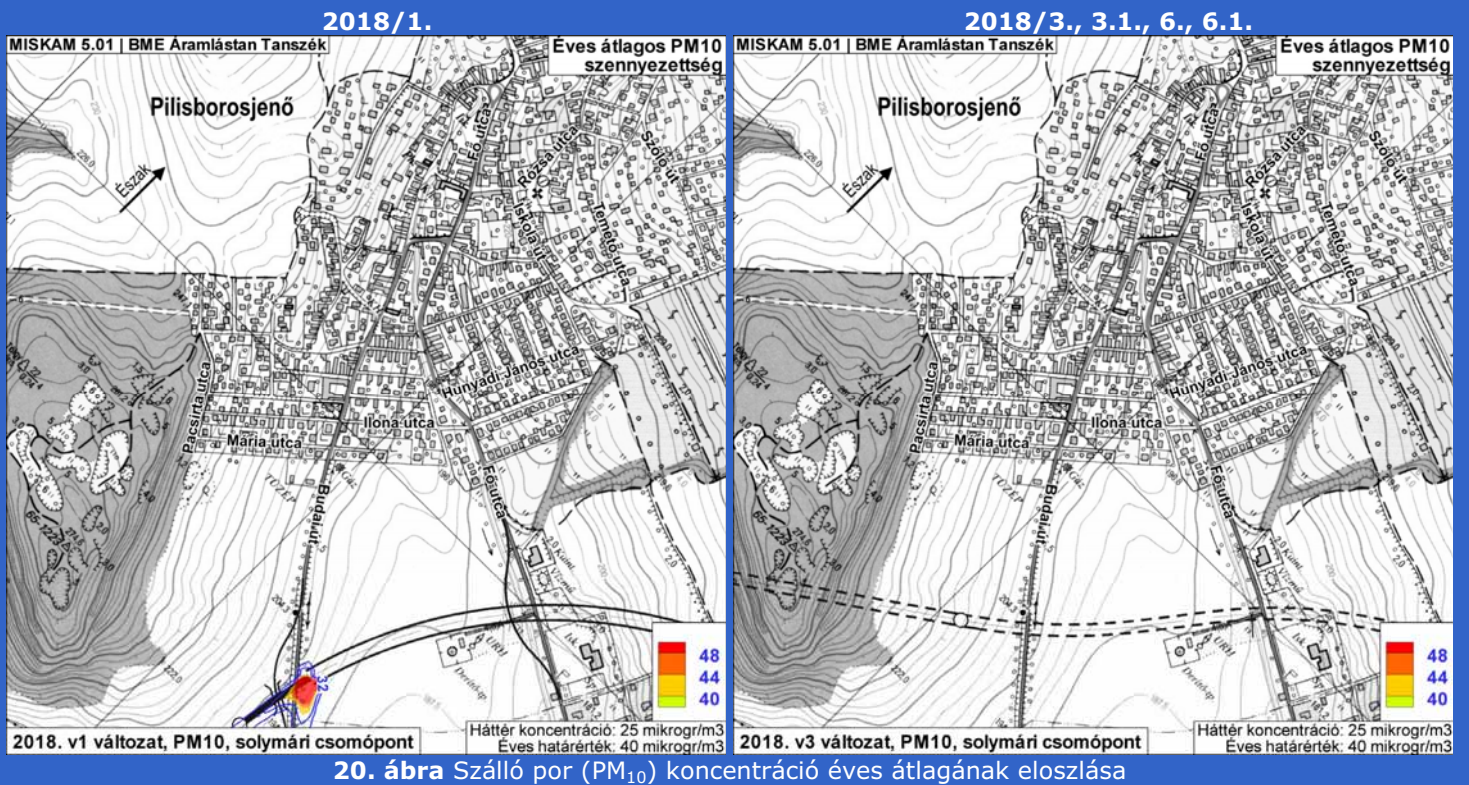
A 19-21. ábrák Pilisborosjenő környezetében (az ürömi csomópontnál) mutatják a vizsgált nyomvonal-változatok esetén három szennyező éves átlagkoncentráció megoszlását, színekkel jellemezve a légszennyezettség mértékét.

A 19. ábrából látható, hogy a szénmonoxid (CO) éves átlagkoncentrációja az éves határérték (3 mg/m³) felét az 1. nyomvonal-változat alagút kijárata közvetlen környezetétől eltekintve sehol sem haladja meg.

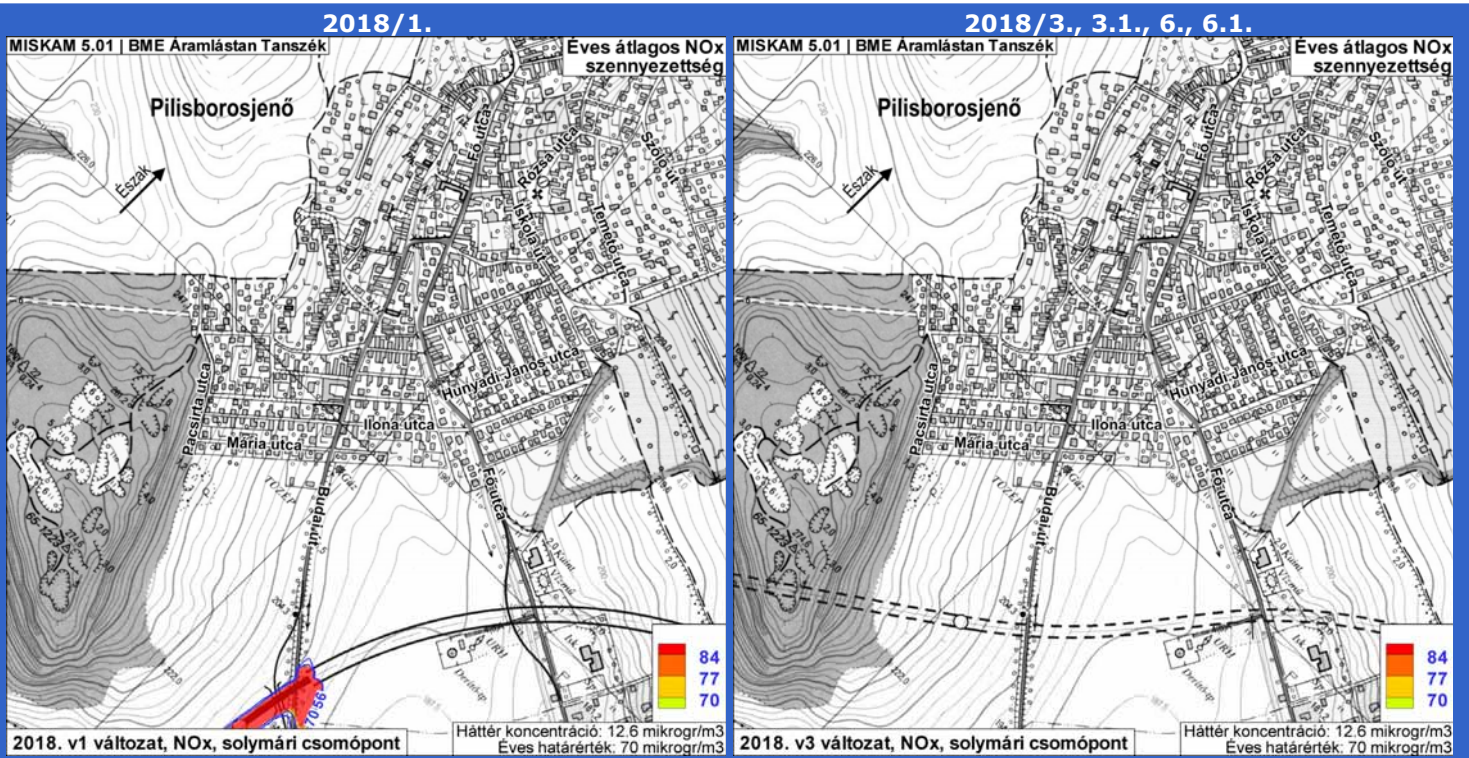
Hasonlóan a szénmonoxidhoz, a szállópor tekintetében (ld. 20. ábra) is csak az alagút kijáratok közvetlen közelében számíthatunk az éves határértéket meghaladó légszennyezettségre.



19. ábra Szénmonoxid (CO) koncentráció éves átlagának eloszlása



20. ábra Szálló por (PM₁₀) koncentráció éves átlagának eloszlása



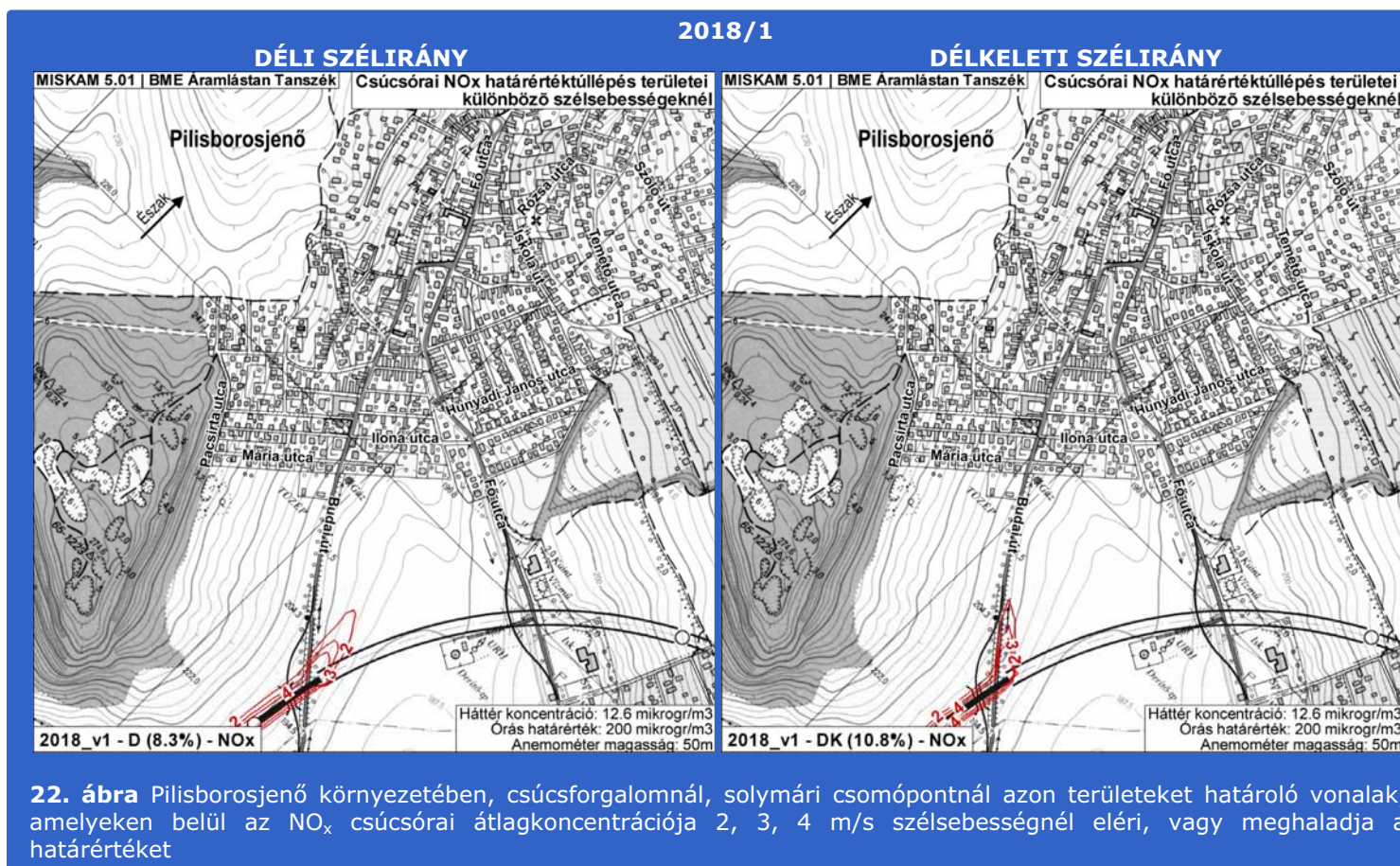
21. ábra A nitrogénoxidok (NO_x) éves átlagkoncentrációjának eloszlása

A 19-21. ábrák összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a három szennyező közül a határértékhez képest a nitrogénoxidok koncentrációja (ld. 21. ábra) a legnagyobb, ezért ez a szennyező a mértékadó a levegőszennyezettség megítélésében. A 21. ábra bal oldalán látható kép a 1. nyomvonal-változat esetén mutatja az NO_x éves átlagkoncentrációjának eloszlását a solymári csomópontban, Pilisborosjenő környezetében. Az ábra alapján megállapítható, hogy a 1. nyomvonal-változatnál az NO_x éves átlagkoncentrációja tekintetében az útgyűri solymári csomópontban tartó részén keletkező szennyeződés gyakorlatilag nem befolyásolja Pilisborosjenő levegőjének szennyezettségét. A 19-21. ábrák jobb oldali képein bemutatott 3. nyomvonal-változat eredményei (ill. a 3.1., 6. ill. 6.1. változatok hasonló eredményei) alapján látható, hogy az 1. változaton kívüli összes többi nyomvonal-változat - mivel alagutakban zajlik a közlekedés - nem érinti Pilisborosjenő levegőszennyezettségét.

A csúcsórai koncentráció átlagok egy-egy szélirányhoz és adott szélességekhez tartoznak. Az ürömi csomópontban az általunk vizsgált leggyakoribb szélirányok: északi (28,7%), északkeleti (7%), déli (9,36%), nyugati (15,3%) és északnyugati (19,9%).

Pilisborosjenő település levegőszennyezettségét a fenti szélirányok közül a déli szélirány esetén befolyásolhatja a járművek által kibocsátott szennyeződés. A 22. ábra ennél a széliránynál és 50 m magasságban 2, 3, 4 m/s szélességnél mutatja meg, hogy csúcsforgalmi óras NO_x koncentráció átlag mely területeken belül éri el, vagy haladja meg az óras határértéket.

Megjegyezzük, hogy csúcsidőben a 2 m/s sebességű déli szél egy évben összesen 17 órán keresztül fúj. Ugyanez az időtartam 3 m/s esetén évente 1,8 nap. A solymári csomópontnál az alagútkijárat felől Pilisborosjenő irányába fújó 2 m/s ill. 3 m/s sebességű déli szél gyakorisága rendre évi 11 óra, ill. 1,2 nap. (Valójában a vizsgált terület adott helyén még rövidebb ideig jelentkezik ez a légszennyezettség, miután egy adott, pl. az északi szélirány gyakorisága a 0°±22,5°-os szektorba eső irányokból fújó szél gyakoriságainak összegével egyenlő.)



A 22. ábra alapján megállapítható, hogy Pilisborosjenő levegőszennyezettségét a csúcsforgalmi óras átlag tekintetében még az 1. nyomvonal-változat esetén sem befolyásolja észrevehetően az útgűrűn keletkező kipufogógáz.

A ZAJTERHELÉS JELENLEGI ÉS VÁRHATÓ ÉRTÉKE PILISBOROSJENŐ HELYSÉGBEN

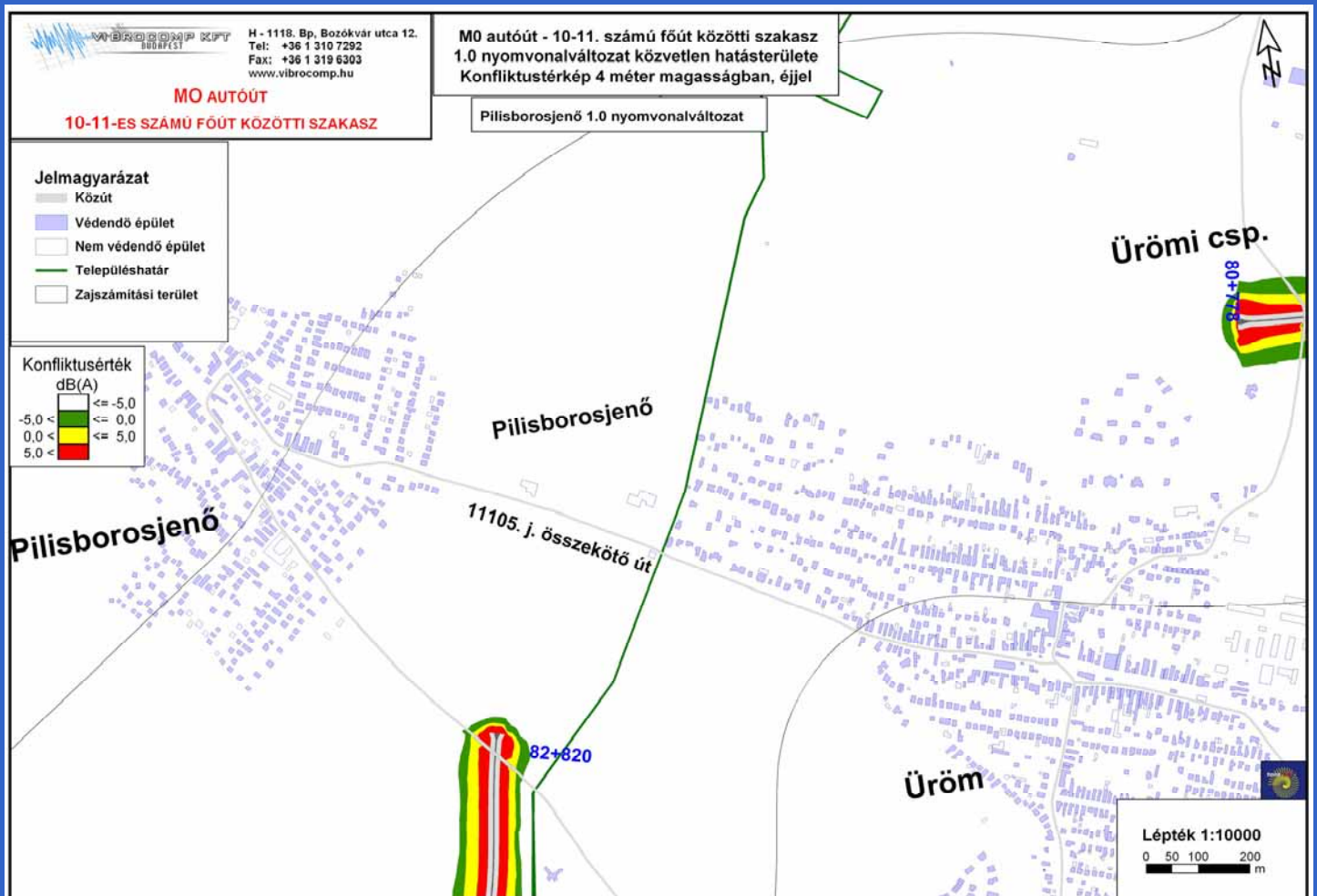
Pilisborosjenő az átmenő forgalom szempontjából kedvező helyzetben van, mivel csak a helyi forgalom érinti.

JELLEMZŐ ZAJTERHELÉS	NAPPAL	ÉJJEL	
Fő utca	55-57	47-49	dB

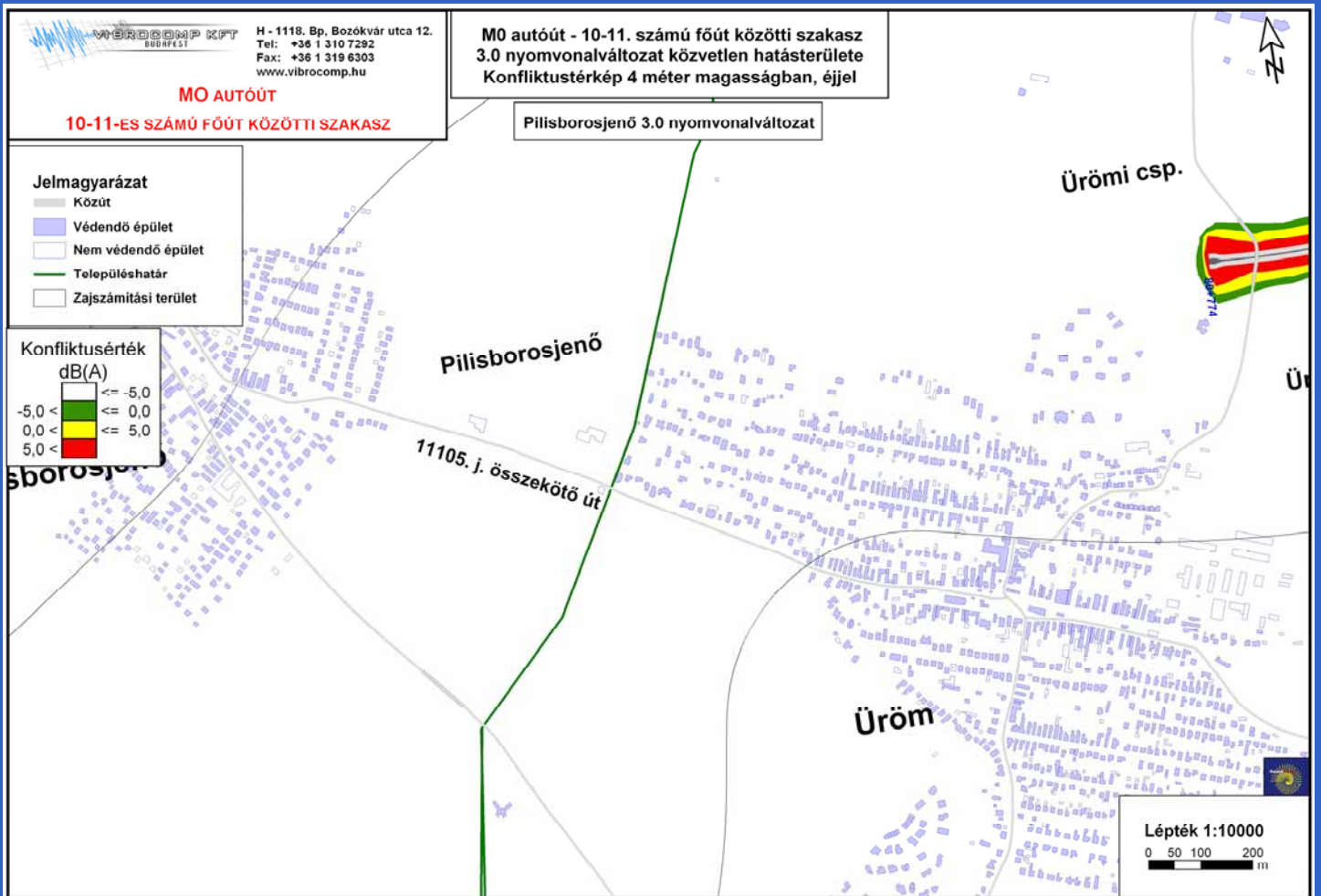
Sem nappal, sem éjjel nem lépi túl a zajterhelés az új tervezésű területekre előírt értéket.

A fentiek miatt az M0 autópályát építése a forgalom elszívó hatásával nem érinti a települést.

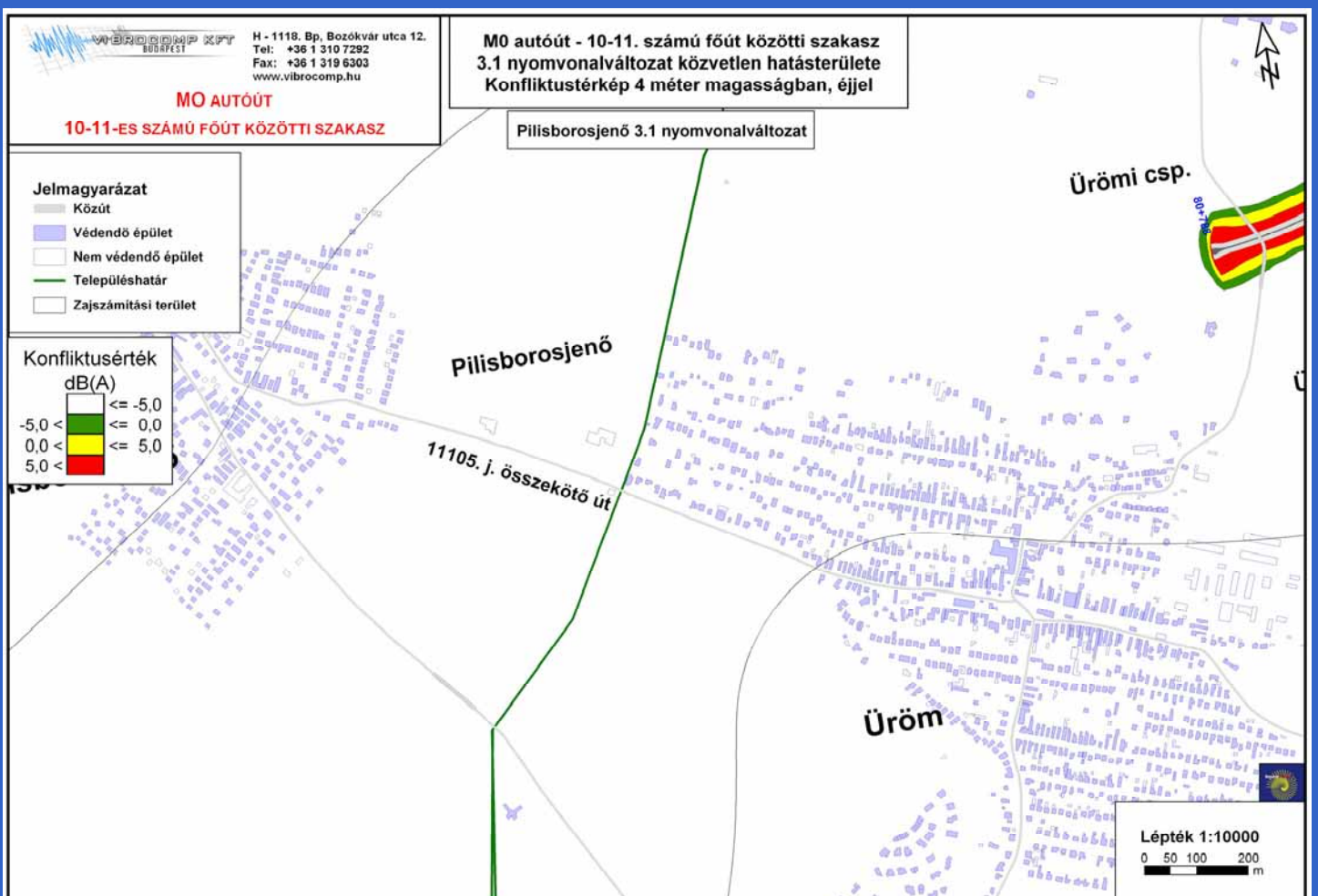
A mellékelt konfliktustérkép ábrákból (ld. 23-27. ábrák) megállapítható, hogy az M0 autópályát egyetlen nyomvonal-változata sem okoz Pilisborosjenő közvetlen hatásterületén határérték feletti zajterhelést.



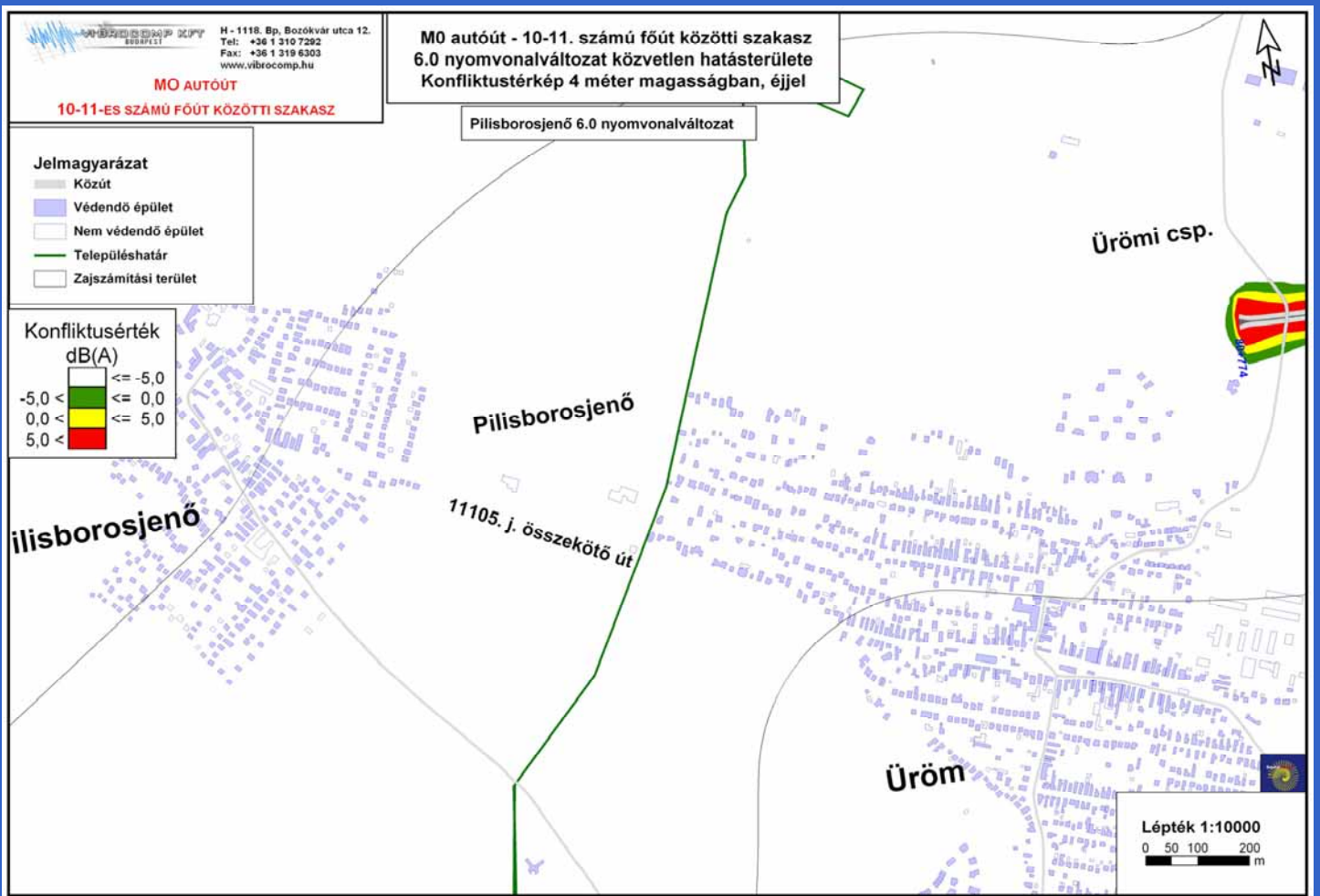
23. ábra Pilisborosjenő konfliktustérképe az 1. nyomvonal-változatra



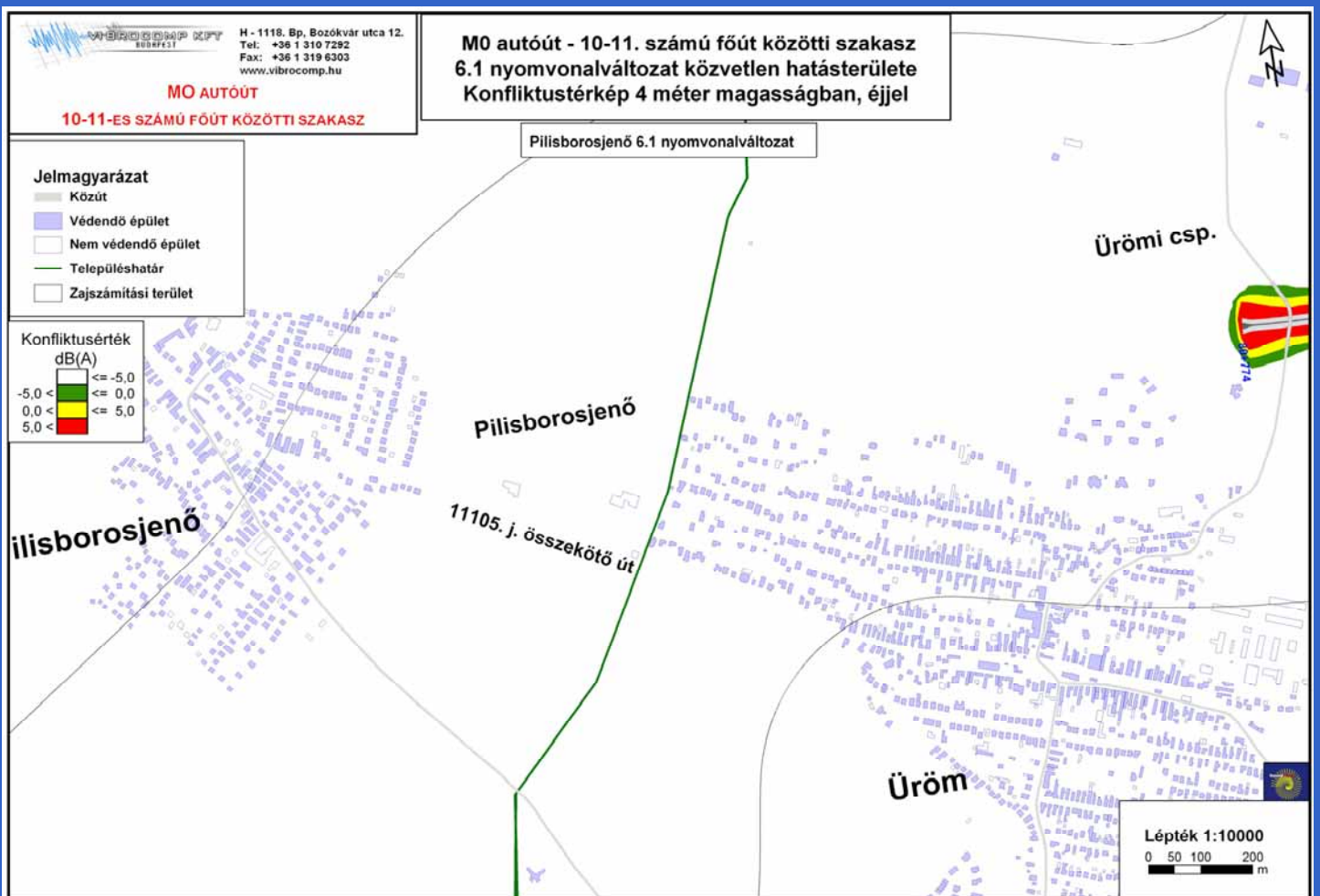
24. ábra Pilisborosjenő konfliktustérképe a 3. nyomvonal-változatra



25. ábra Pilisborosjenő konfliktustérképe a 3.1. nyomvonal-változatra



26. ábra Pilisborosjenő konfliktustérképe a 6. nyomvonal-változatra



27. ábra Pilisborosjenő konfliktustérképe a 6.1. nyomvonal-változatra

ELÉRHETŐSÉGEK, TOVÁBBI INFORMÁCIÓ



Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.

NEMZETI INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTŐ ZRT.

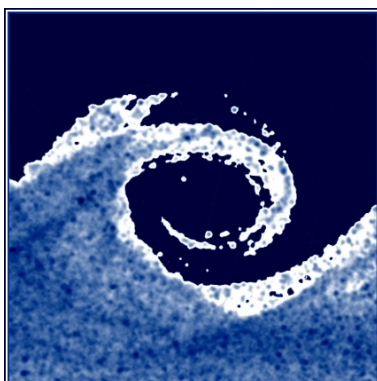
H-1134 Budapest, Váci út 45.

Tel.: +36-1-4368-100

Fax: +36-1-4368-110

www.nif.hu

info@nif.hu



KÁRMÁN TÓDOR
SZÉLCSATORNA
LABORATÓRIUM



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

KÁRMÁN TÓDOR SZÉLCSATORNA LABORATÓRIUM

www.karman-wtl.com

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

www.bme.hu



VIBROCOMP KFT
BUDAPEST

VIBROCOMP KFT.

H-1118 Budapest, Bozókvár u. 12.

Tel.: +36-1-310-7292

Fax: +36-1-319-6303

www.vibrocomp.hu

info@vibrocomp.hu