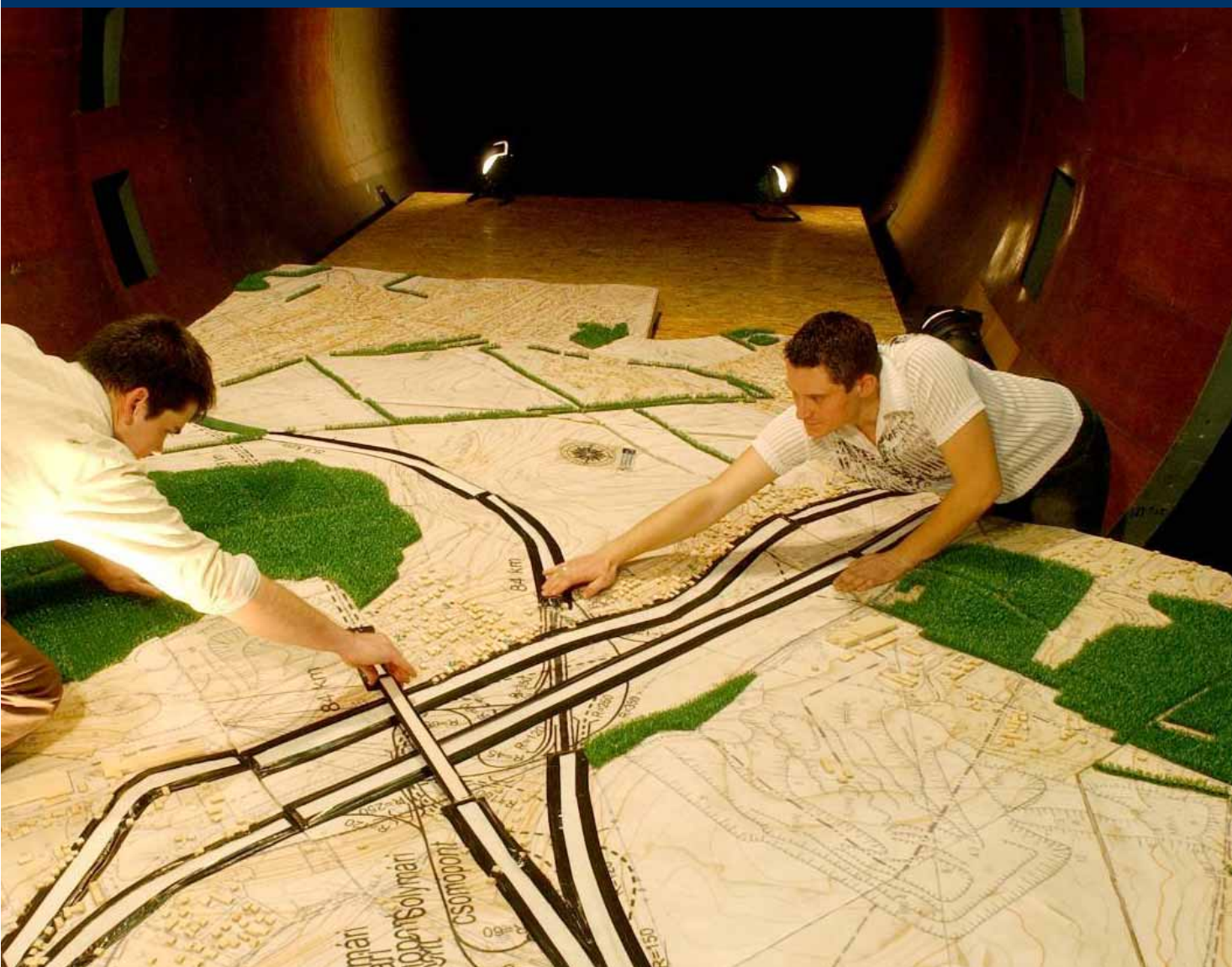


A TERVEZETT M0 ÚTGYŰRŰ ÉSZAKI SZEKTOR 11. ÉS 10. SZ. FŐUTAK KÖZÖTTI SZAKASZÁN VÁRHATÓ LEVEGŐSZENNYEZETTSÉG ÉS ZAJTERHELÉS



TÁJÉKOZTATÓ FÜZET

A tájékoztató füzetet kiadta:



NEMZETI INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTŐ ZRT.

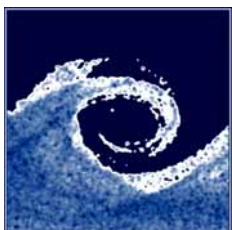
H-1134 Budapest, Váci út 45.

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 Szélcsona 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 találhatók. 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.

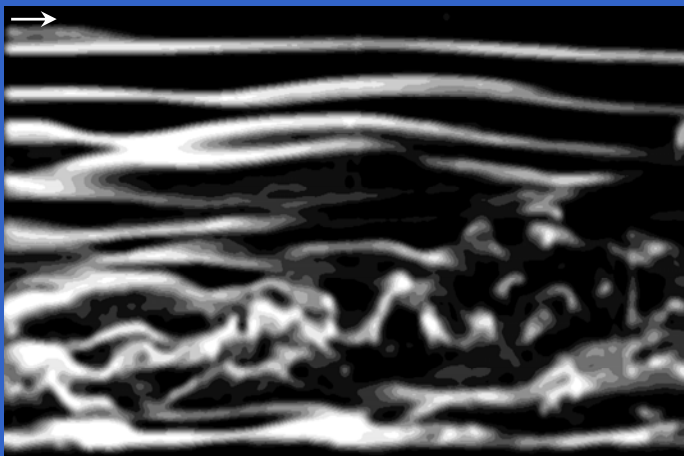
A SZENNYEZŐK TERJEDÉSE A LÉGKÖRBEN

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 szélsősebességi 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 olajkőd 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.

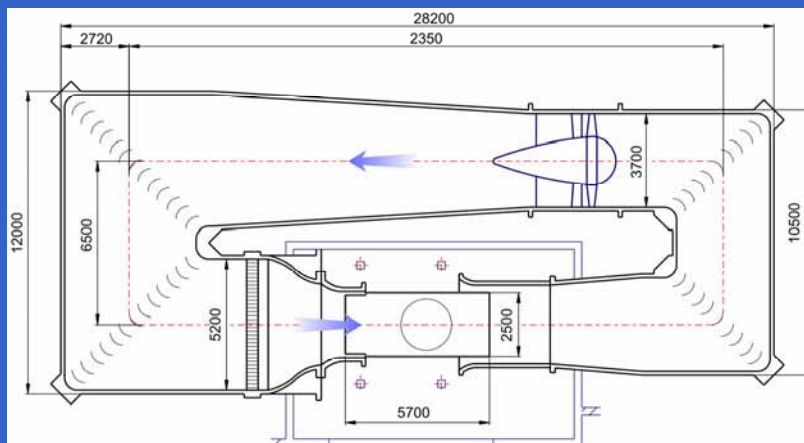
A szennyezőanyag-terjedés modellezése kétféle lehet:

- 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 MODELLKÍSÉRLETEKKEL

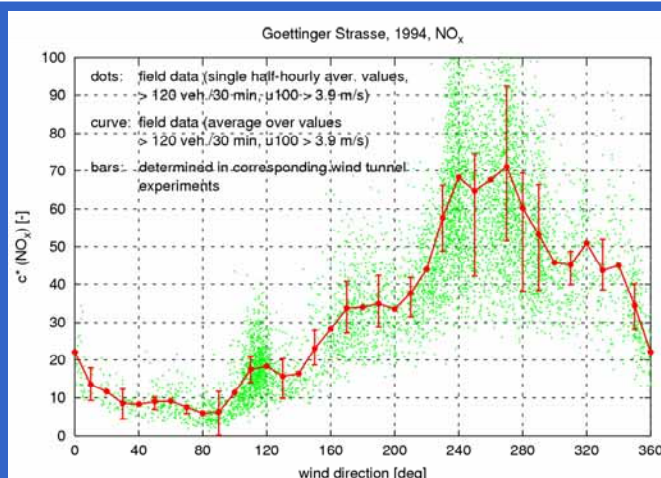
A szélcsatorna egy olyan berendezés, amelyben szabályozott körülmények között lehet meghatározott áramlási viszonyokat létrehozni, így az atmoszféra alsó részén, a határrétegben kialakuló áramlást és a kipufogógáz terjedést modellezni. E füzet előlapján, valamint a 4. ábrán látható az Áramlástan Tanszék 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.

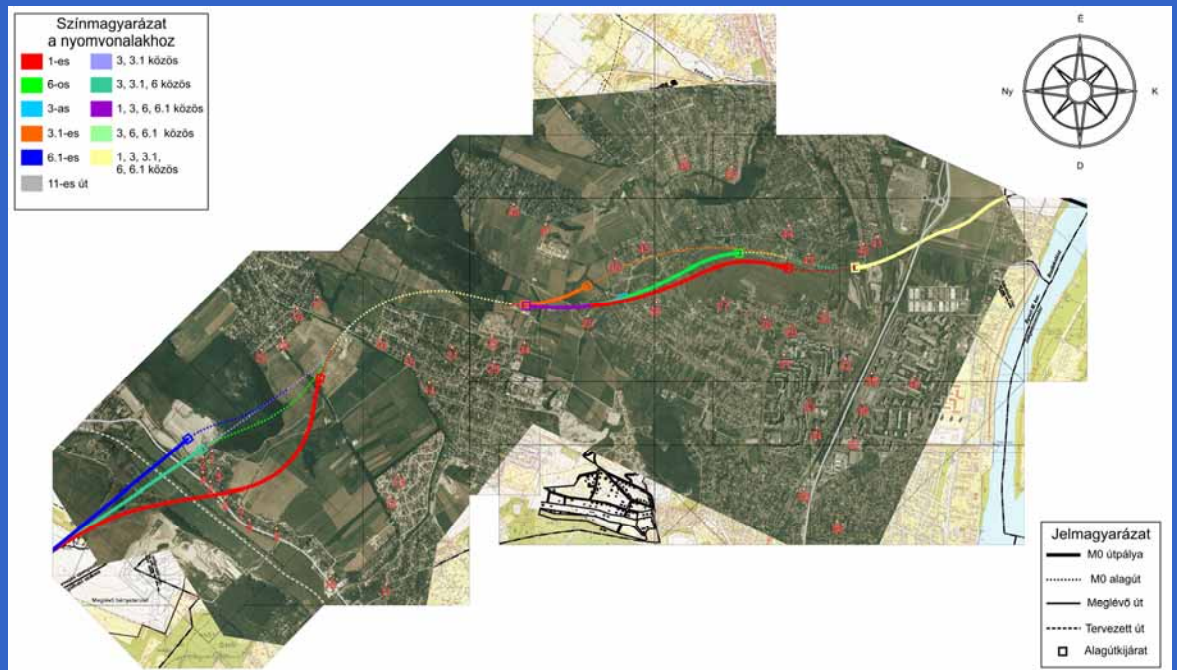
A szélcsatorna mérési módszer megbízhatóságának igazolására az 5. ábra bal oldalán mutatjuk meg Hannover egy forgalmas utcájának modelljét, jobb oldalon pedig a valós városi környezetben végzett légszennyezettség mérések és a szélcsatorna modellkísérletek eredményeinek összehasonlítását. A jobboldali 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 autót út 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, autót út, híd, épületek és erdő modelljét) mutatjuk meg. A modell felszínét színes nyomtatott poliészter textília fedi, amelyre rányomtattuk a terület méretarányos térképét és a nyomvonal-változatokat. A tervezett autót út 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 autótút nyomvonal-változatokkal és a mintavételi pontokkal



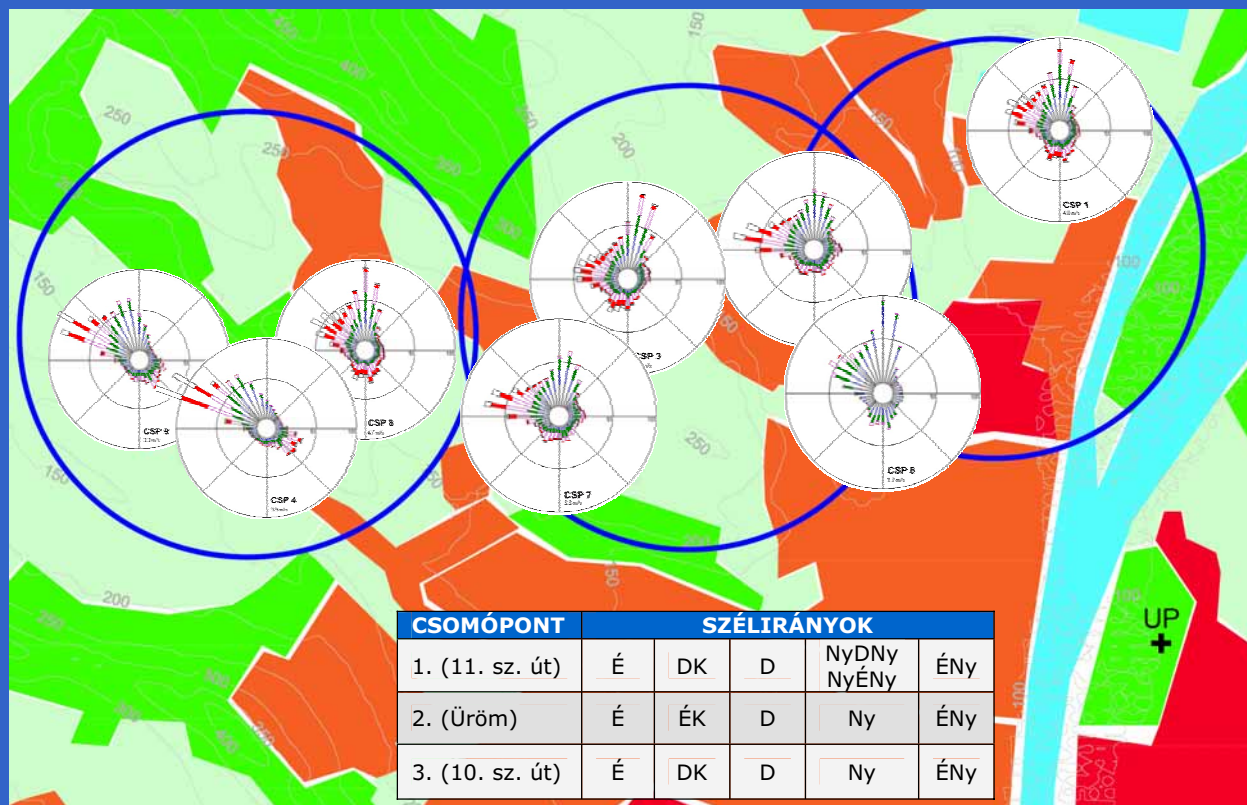
7. ábra A teljes terep modell az Áramlástan Tanszék laboratóriumában



8. ábra A modell néhány részlete: alagút kijárat, autótút, 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.

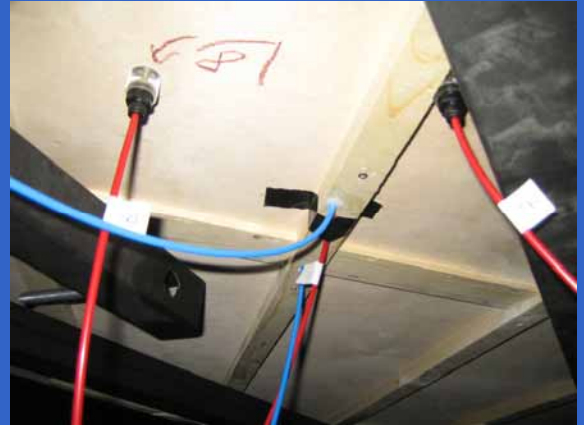


10. ábra Vonal menti forrásnál alkalmazott nyomgáz elosztó cső

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 kapott, 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 gépkocsipark szennyező kibocsátására.

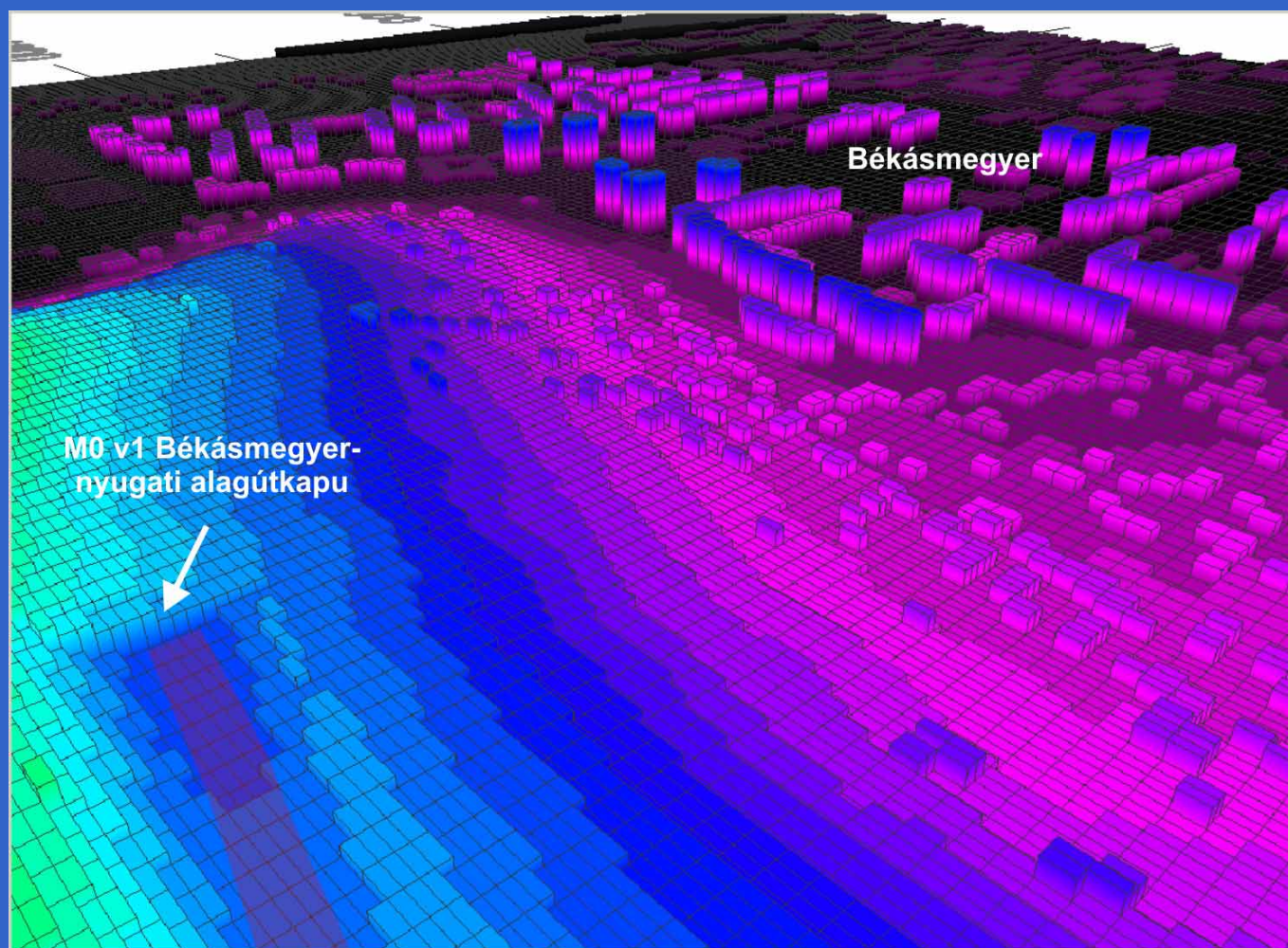


12. ábra Mintavevő és koncentrációmérő berendezés

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 számítással (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, szélsébség megoszlás, domborzat, épületek és növényzet figyelembevételével, számítással oldjuk meg az áramlást és a szennyezőanyag-terjedést leíró egyenleteket. A MISKAM[®] szoftver derékszögű, nem azonos térközü hálót alkalmaz (ld. 13. ábra).

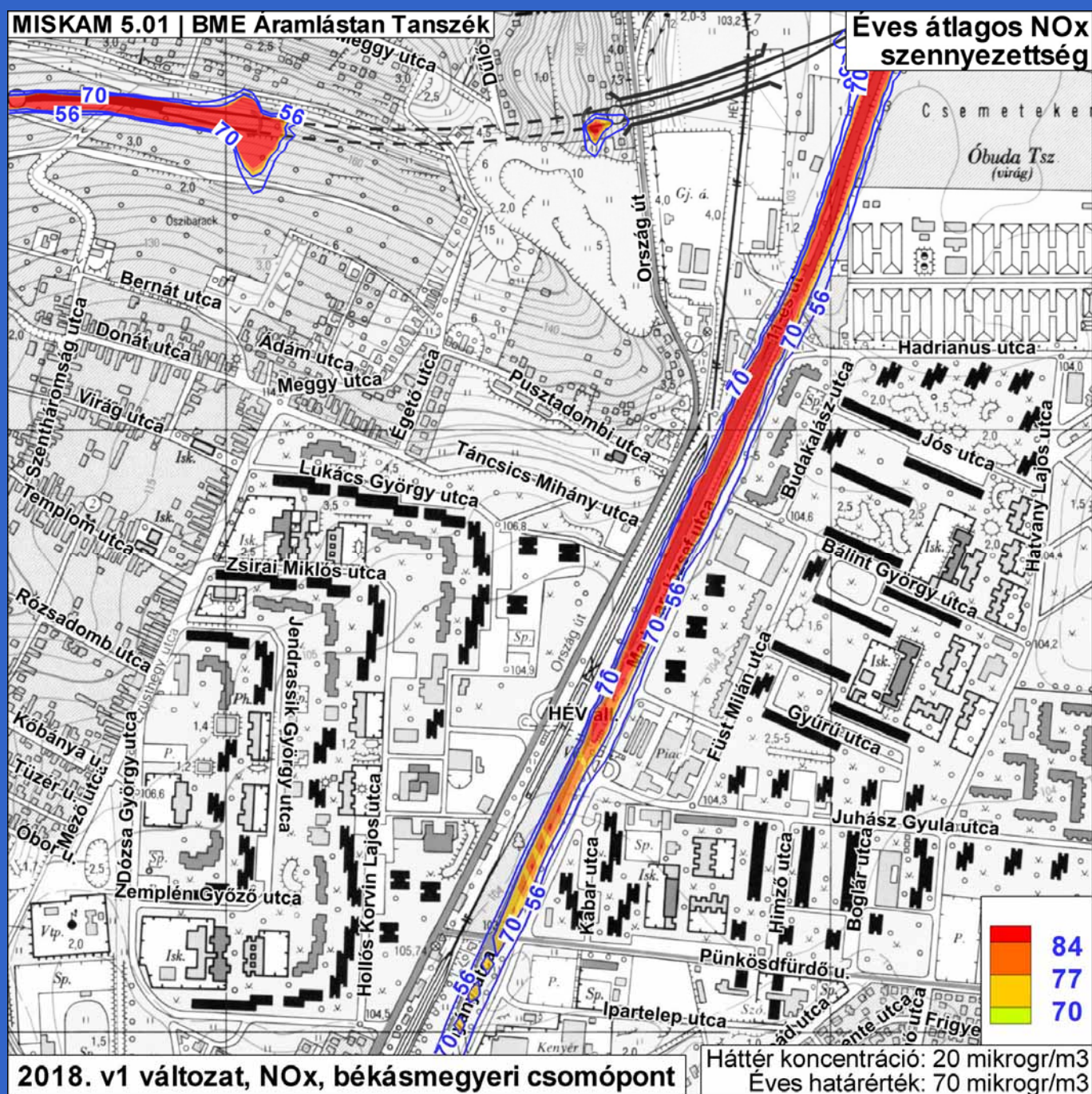


13. ábra Óbuda-Békásmegyer és környezete numerikus modellje

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.

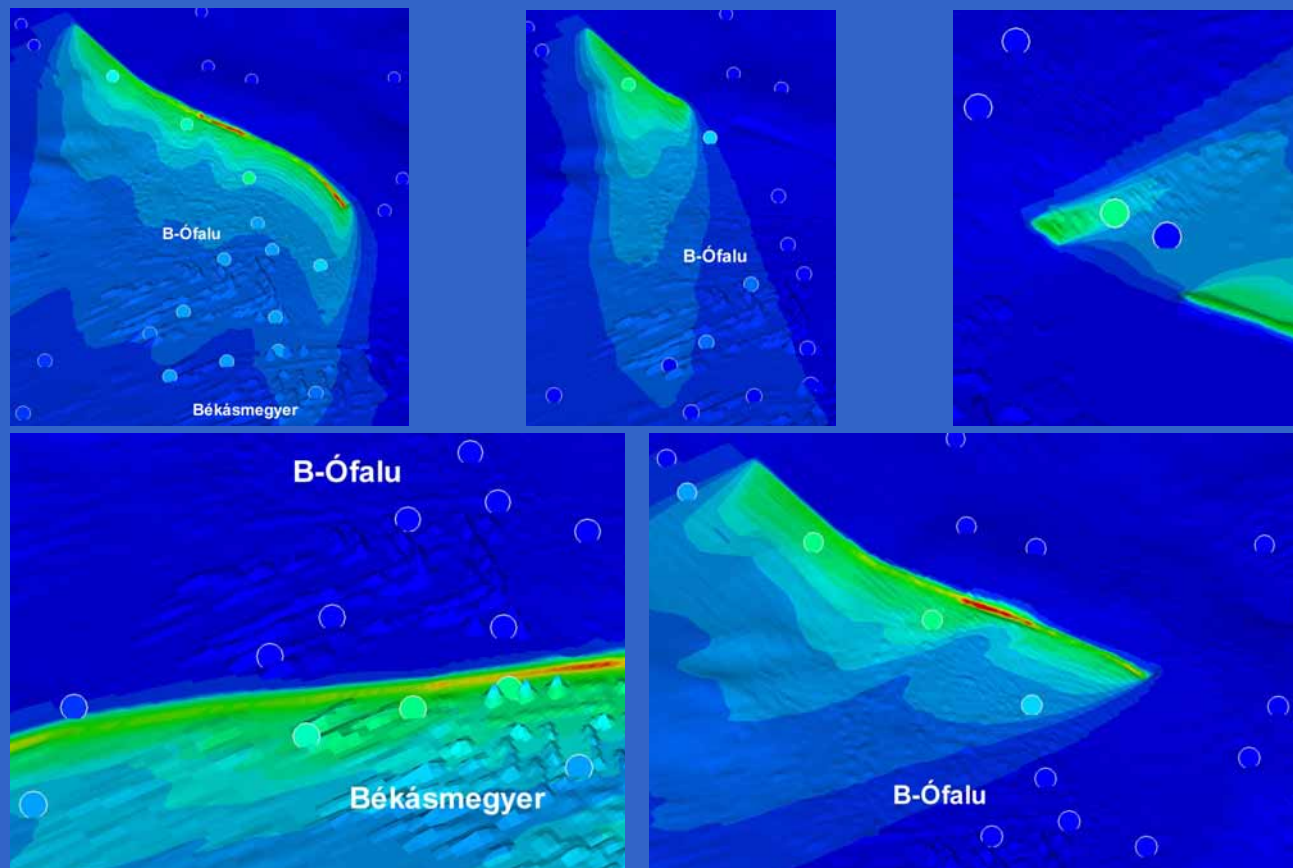
A levegő szennyezettségére vonatkozó információkat bemutató koncentráció megoszlás ábrákban (ld. 14. ábra) az alábbiakban felsorolt szöveges információkat adtuk meg:

- 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 csúcsforgalmi időszakra vonatkozó „csúcshatár”, „24 órás átlag”, „éves átlag”).
- Alatta az adott időtartamra vonatkozó határérték (pl. „70 mikrogramm/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 útgűrű 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 (hátér) légszennyezettség értékét (pl. „20 mikrogramm/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 színskódok 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 (PM_{10}) 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 szélsébség, 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 szélsébségeket, 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 ábrán 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 szélsébségre vonatkozóan adja meg a szennyező koncentrációjának értékét a vizsgált település környezetében. Miután a levegőszennyezettség a szélsébségtől 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) szélsébségeknél 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, PM_{10} 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 autópályát 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 számítógépben, annál pontosabb a szimuláció eredménye, azaz a várható zajterhelés meghatározása is.

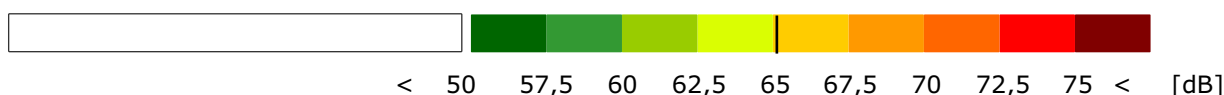
Az épületek és a domborzat zajterjedésre gyakorolt hatását figyelembe véve háromdimenziós domborzati modell készült a területről. A modell tartalmazza mindazon akusztikai paramétereket, amelyeket a zaj számítása és terjedése szempontjából figyelembe kell venni. A projekt kiemelkedő fontossága miatt közel 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 autópályát esetében a közvetett és a közvetlen hatásterületen alkalmaztuk, a zajszámítás színes grafikus és táblázatos eredményei egyértelműen megmutatják a tervezett autópályát 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 autópályát 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.

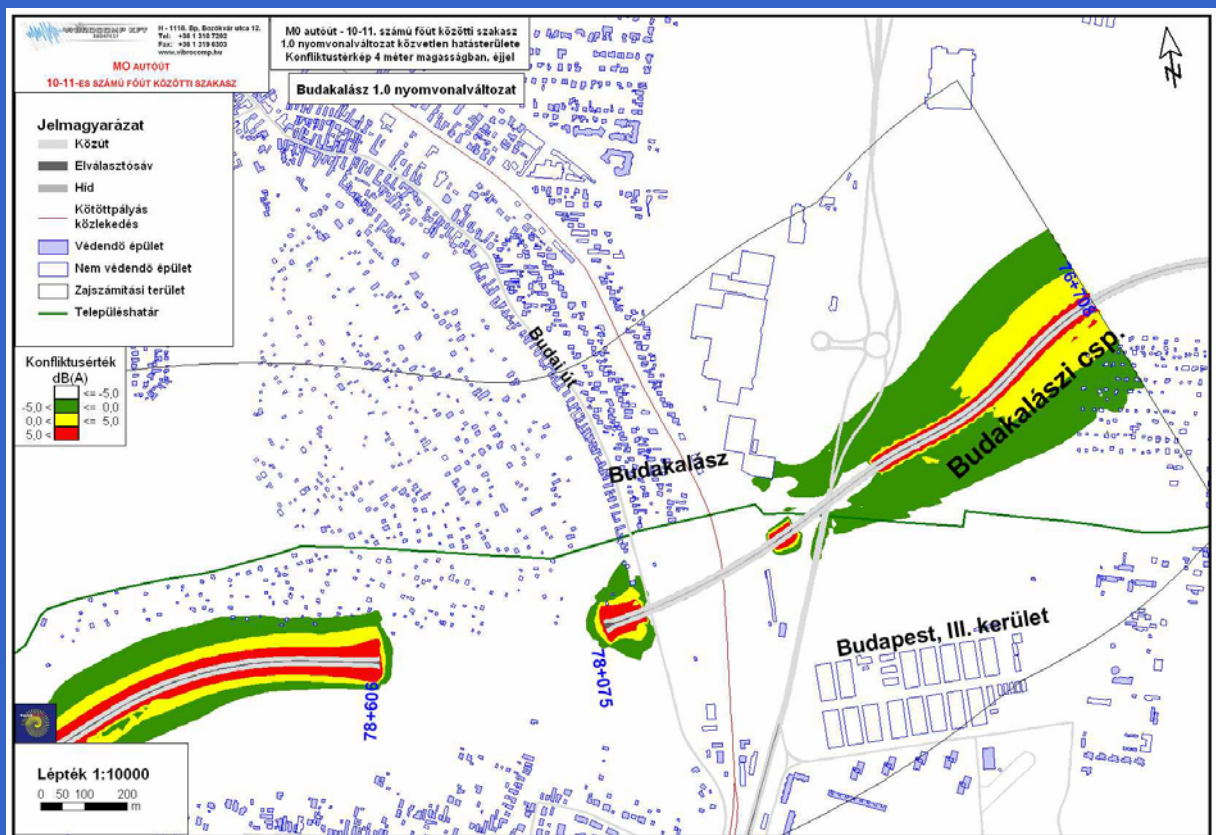


17. ábra A 3.1. nyomvonal-változat digitális modellje

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 határértékét, 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

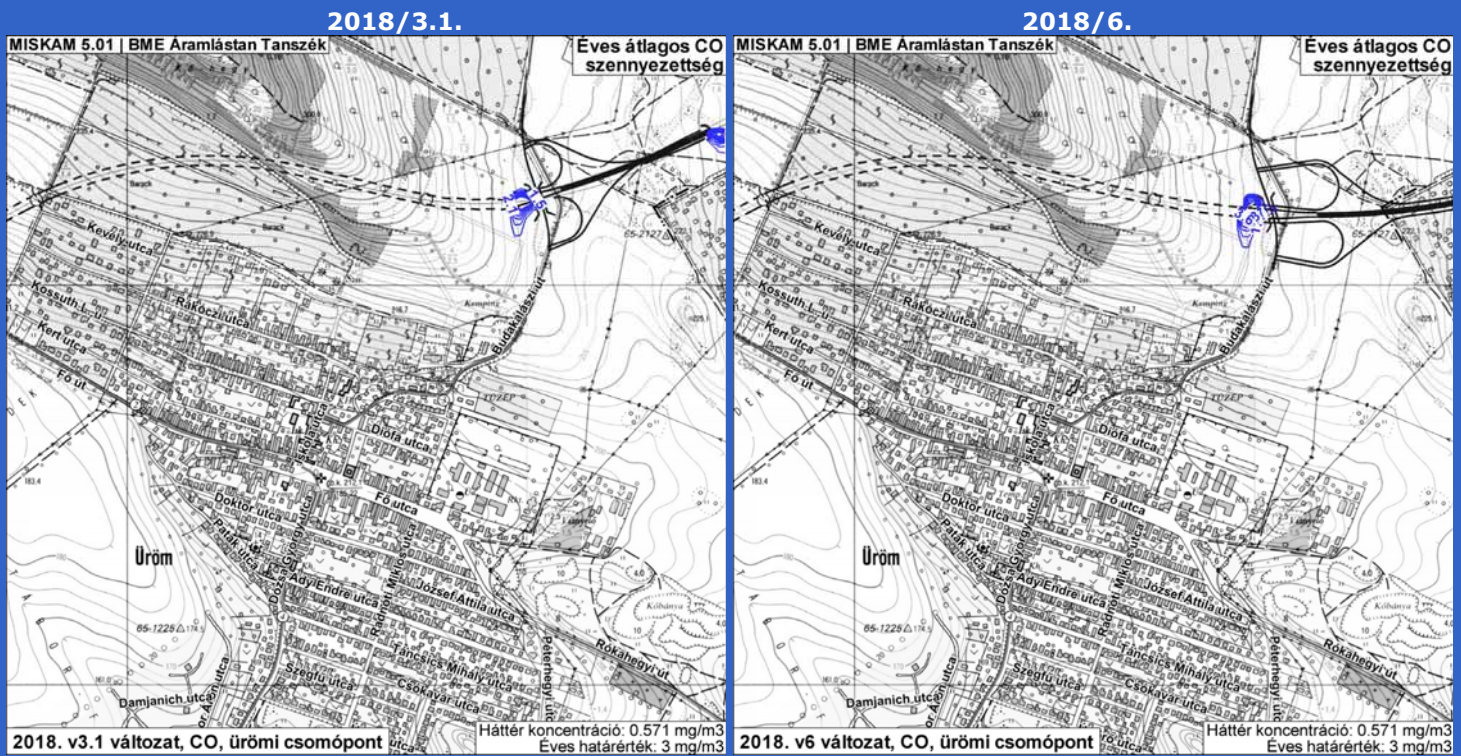
A konfliktustérképeket a fentiek szerint értelmezve kiderül, hogy a tervezett nyomvonal lakott területeken nem okoz a megengedett határértéket meghaladó zajt: a lakóépületek csak a fehér, vagy zöld színű területeken helyezkednek el.

A füzet további, második részében egy-egy település és környezete szempontjából mutatjuk be és értékeljük a légszennyezettségi és zajterhelési vizsgálatok eredményeit.

A LEVEGŐSZENYEZETTSÉG JELENLEGI ÉS VÁRHTÓ ÉRTÉKE ÜRÖM HELYSÉGBEN

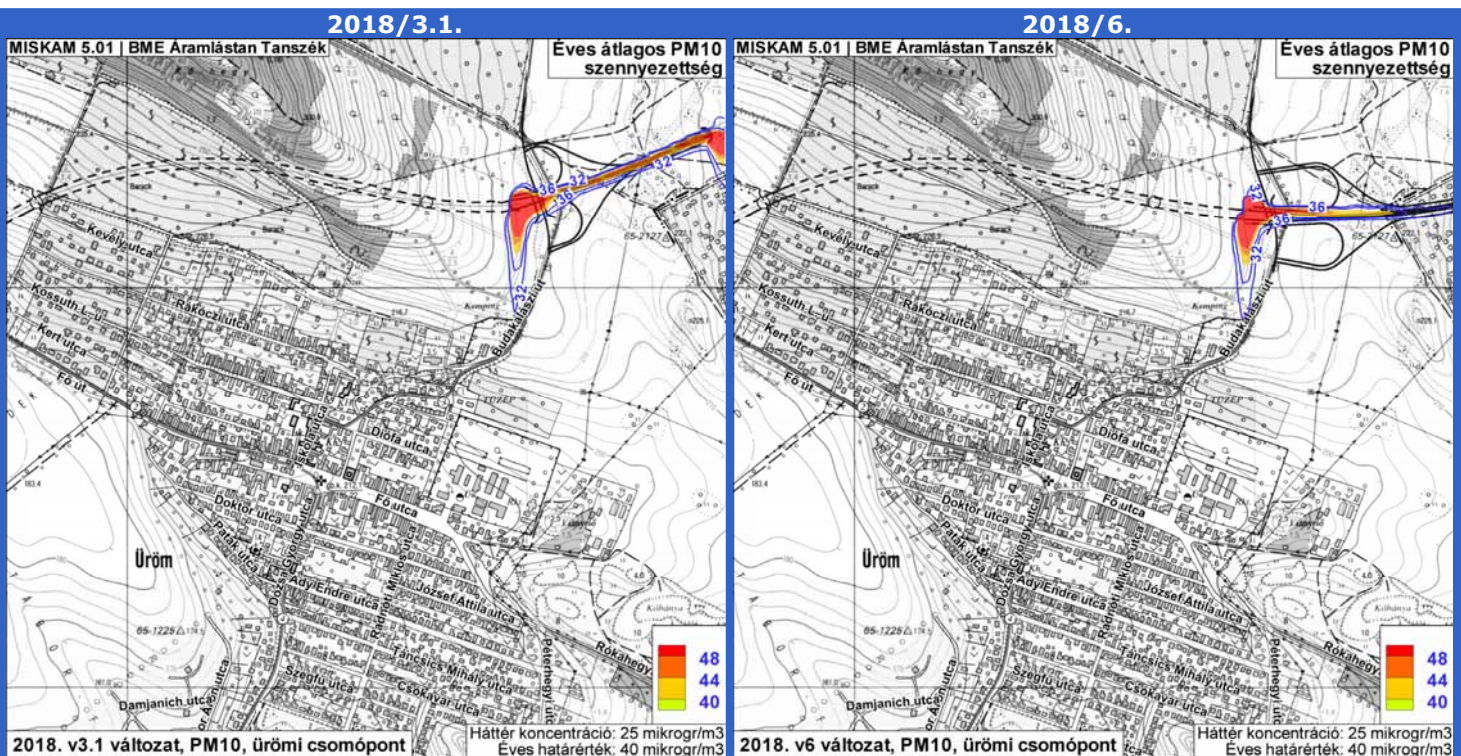
Először vizsgáljuk meg, hogy a szénmonoxid (CO), a szállópor (PM₁₀) és a nitrogénoxid (NO_x) szennyezők közül melyik közelíti meg, vagy haladja meg a határértéket lakott területeken, vagy azok közelében. Az összehasonlítást a 3.1. és 6. (ugyanaz érvényes 6.1. változatra is) útpálya nyomvonalakra végezzük el, de a levont következtetések érvényesek a többi vizsgált változatra is.

A 19-21. ábrák Üröm környezetében mutatják a vizsgált nyomvonal-változatok esetén három szennyező éves átlagkoncentráció megoszlását, színekkel jellemezve a légszennyezettség mértékét.



19. ábra Szénmonoxid (CO) koncentráció éves átlagának eloszlása

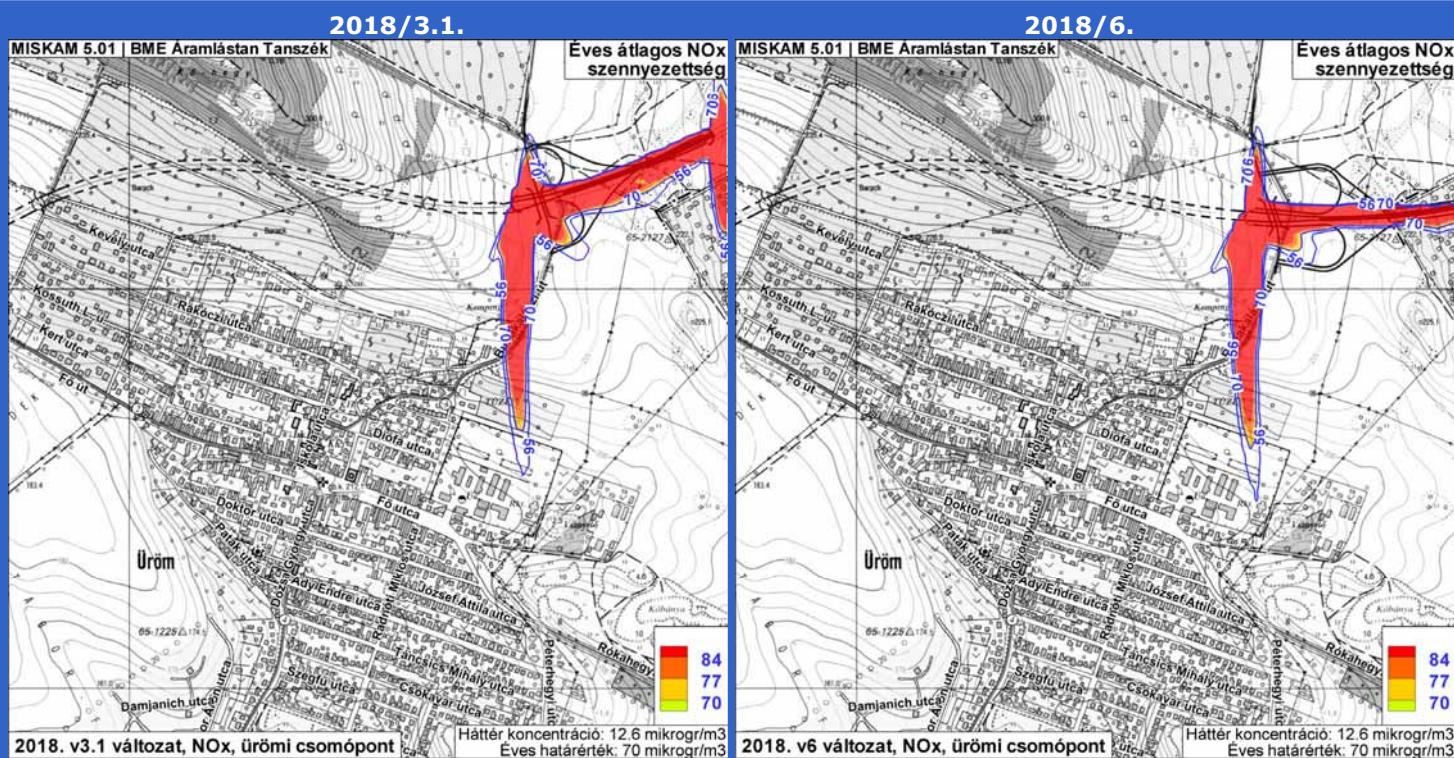
A 19. ábrából látható, hogy a szénmonoxid (CO) éves átlagkoncentrációja az éves határérték (3 mg/m³) harmadát az alagút kijáratok közvetlen környezetétől eltekintve sehol sem haladja meg.



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

A 20. ábrán látható, hogy szállópor tekintetében az alagút kijáratok közelében és az úttest közvetlen környezetében számíthatunk az éves határértéket meghaladó légszennyezettségre.

A 21. ábra alapján megállapítható, hogy a három szennyező közül a határértékhez képest a nitrogénoxidok koncentrációja a legnagyobb lakott területen és annak közelében, ezért a további elemzéseket erre a szennyezőre végezzük el.



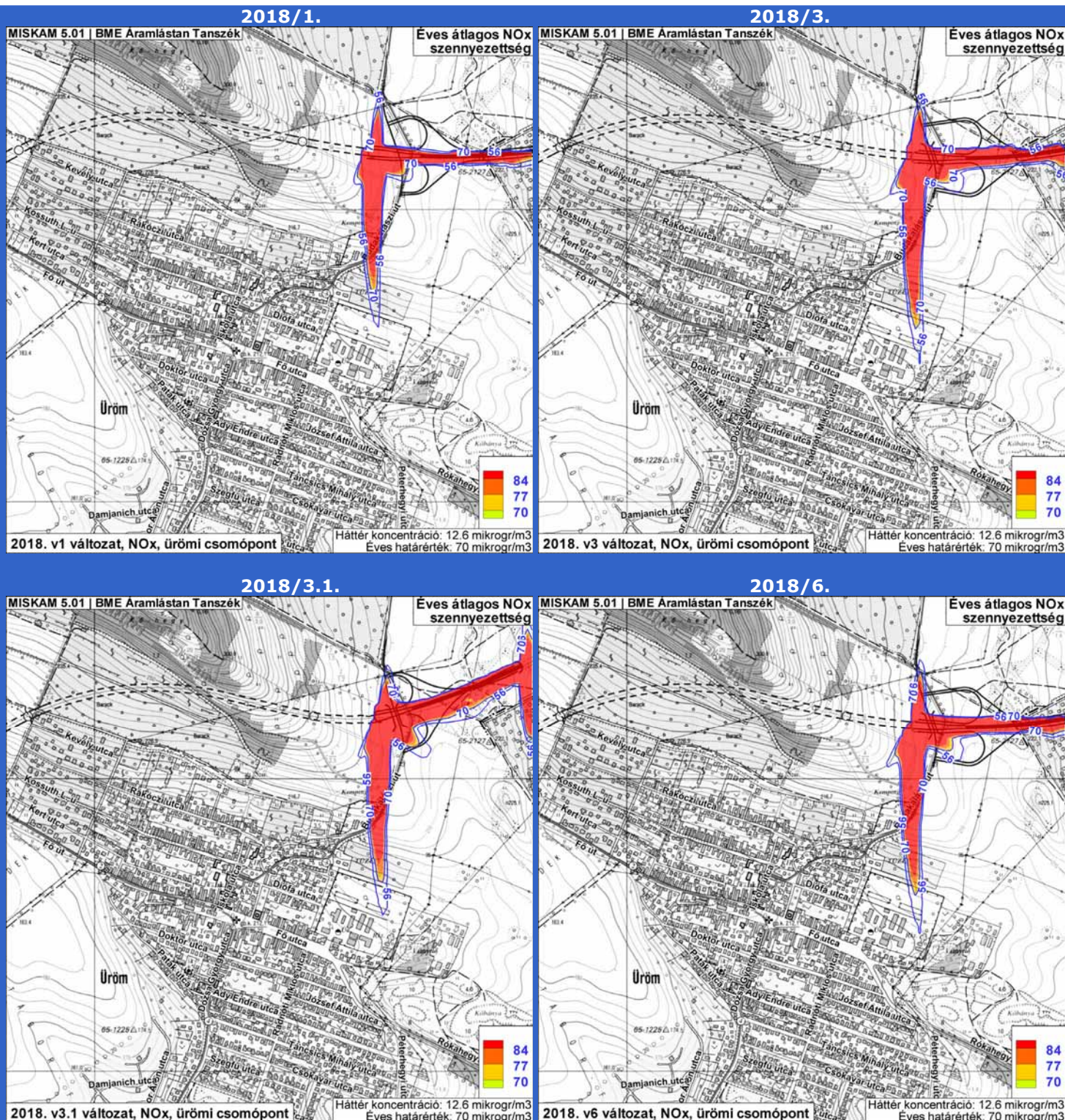
21. ábra A nitrogénoxidok (NO_x) éves átlagkoncentrációjának eloszlása

A 22. ábra az összes (1., 3., 3.1. és 6.) nyomvonal-változatra (ld. 2. táblázat) vonatkozóan mutatja meg a nitrogénoxidok koncentrációjának éves átlagát.

Az ábrákból látszik, hogy ahol felszínen vezetik az autópályát, ott a határértéket elérő, vagy meghaladó szennyeződést csak az út közvetlen közelében találunk. Az úttest hossza mentén keletkező szennyeződés az adott domborzati- és szélviszonyok mellett gyorsan elkeveredik, felhígul. A legkedvezőtlenebb viszonyokat, a lakott területeket megközelítő, ill. elérő, határértéket megközelítő, esetenként meghaladó NO_x szennyeződést az alagútból kilépő, és északi szél esetén déli irányban áramló, szennyezett levegő okozza.

Az útgyűrű vizsgált szakaszának nyomvonalként eltérő részében egymás közelében futó, ellenkező irányú forgalmú alagutat terveznek, ami lényegesen biztonságosabb, mint a kétirányú forgalmat lebonyolító alagutak. A mozgó járművek és az alagútban elhelyezett sugárventilátorok szükség szerinti működése a levegő menetirányú áramlását okozza az alagutakban, amely összegyűjti az alagútban tartózkodó járművek kipufogógázát. Az alagútból kilépő szennyező (pl. NO_x) mennyisége annál nagyobb, minél nagyobb a forgalomsűrűség és minél hosszabb az alagút. A kilépő szennyeződés mennyiségét az is jelentősen növeli, ha menetirányban emelkedik az út az alagútban. Miután az ürömi csomópont mind a békásmegyeri, mind pedig a solymári csomópontnál magasabban van, mindkét irányból erre emelkedik az út, ezért az alagút szájából itt sokkal több szennyező áramlik ki, mint az alagút solymári, vagy békásmegyeri csomópont felé eső kijáratán.

Az alagút kijáratokból induló, nagyobb éves átlagkoncentrációval jellemzett „csóvák” iránya, hossza és az azokban lévő szennyező koncentráció az alagútból kilépő szennyezőanyag mennyisége mellett a szélirányok gyakoriságától és a gyakori szélirányok esetén a szél átlagsebességétől függ. Az ürömi medencében az északi szél igen gyakori (28,7%), de sebessége viszonylag kicsi. Ezért alakulnak ki az alagutak kijárataiból induló, déli irányban húzódó „csóvák”. Ez egy ismert jelenség, amelynek elkerülésére széles körben alkalmazott módszerek állnak rendelkezésre. Ezekre a csúcsórai koncentrációátlagok elemzése után térünk vissza.



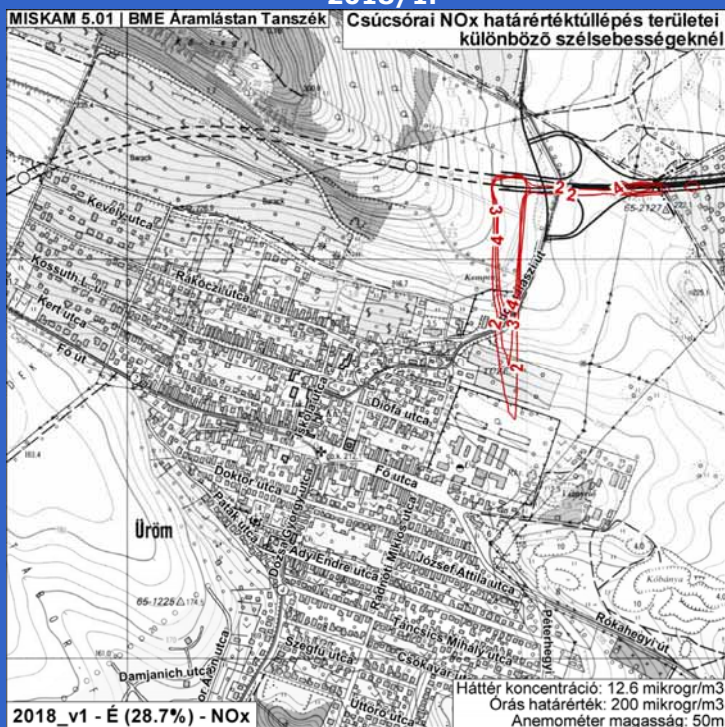
22. ábra Mértékadó éves NO_x átlagkoncentráció eloszlás Üröm közelében
(a képek fölötti jelek magyarázatát a 2. táblázat tartalmazza)

A csúcsórai koncentráció átlagok egy-egy szélirányhoz és adott szélsébségekhez tartoznak. Az ürömi csomópontban az általunk vizsgált leggyakoribb szélirányok: északi (28,7%), északkeleti (7%), déli (9,36%), nyugati (15,3%) és északnyugati (19,9%). Üröm település levegőszennyezettségét a fenti szélirányok közül az északi és az északkeleti szélirány esetén befolyásolhatja a járművek által kibocsátott szennyeződés. A 23. és 24. ábra ennél a két széliránynál és 50m magasságban 2, 3, 4 m/s szélsébségnél 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 északi ill. északkeleti szél rövid ideig, egy évben összesen rendre két napig ill. 10 óráig fúj. Ugyanezek az időtartamok 3 m/s esetén 3,7 nap ill. 1 nap. (Valójában a vizsgált terület adott helyén még rövidebb ideig jelentkezik ez a légszennyezettség, miután egy adott, pl. északi szélirány gyakorisága a 0°±22,5°-os szektorba eső irányokból fújó szél gyakoriságainak összegével egyenlő.)

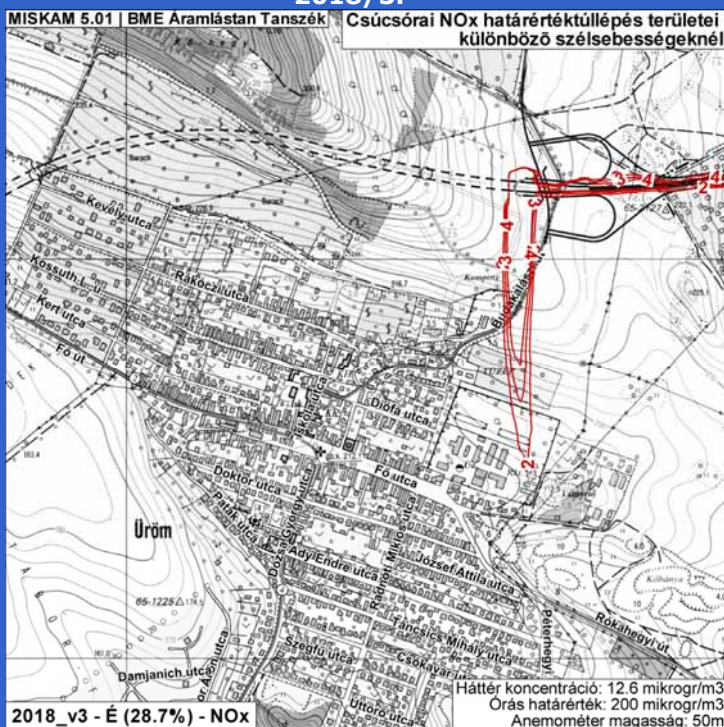
A 23. és 24. ábra alapján megállapítható hogy az úttesttől távolabb megjelenő, a határértéket megközelítő, ill. meghaladó csúcsórai levegőszennyeződést is az alagút kijáratokon kilépő szennyező okozza. Látható továbbá, hogy a szélesség növekedésével rövidül a „csóva” hossza. A legkisebb, 2 m/s szélességnél az óras határértéket jelző vonal északi szél esetén évenként összesen 2 nap időtartamra megközelíti, északkeleti szél esetén pedig évenként 10 óra időtartamra eléri a lakott területek szélét. (A 1. nyomvonal változat esetén a csóva sokkal rövidebb, miután az alagút hossza lényegesen kisebb.) Szükséges tehát olyan műszaki intézkedések végrehajtása, amelyekkel vagy az alagútból kilépő szennyező mennyiség csökkentése, vagy a kilépő szennyező gyorsabb elkeveredése valósítható meg.

ÉSZAKI SZÉLIRÁNY

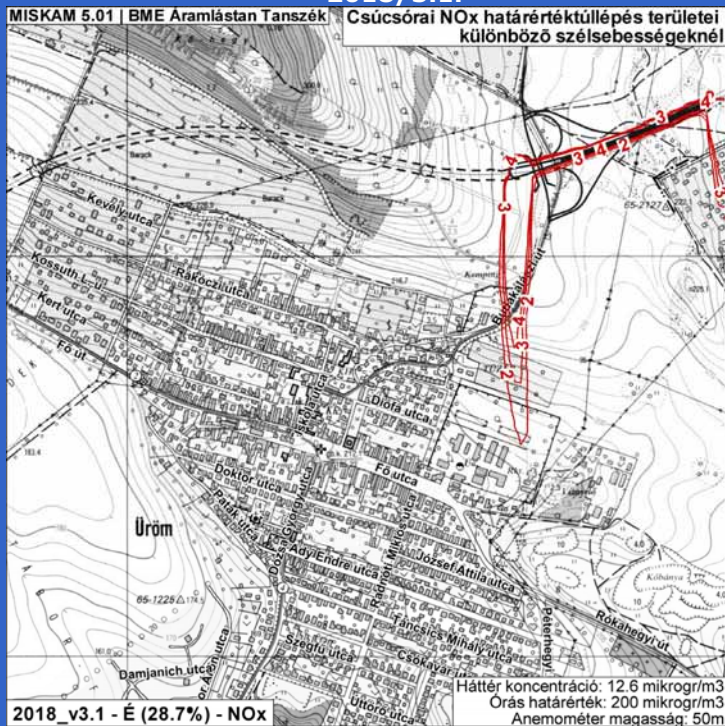
2018/1.



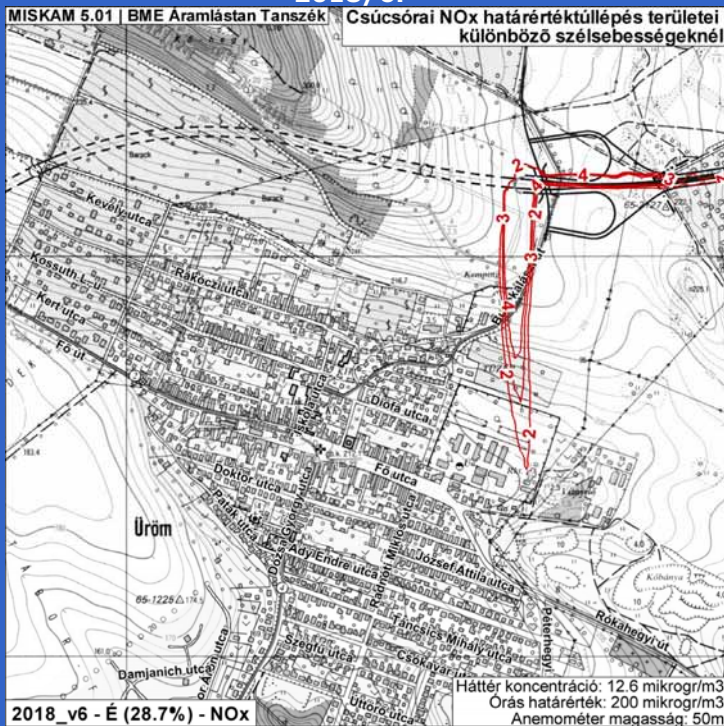
2018/3.



2018/3.1.



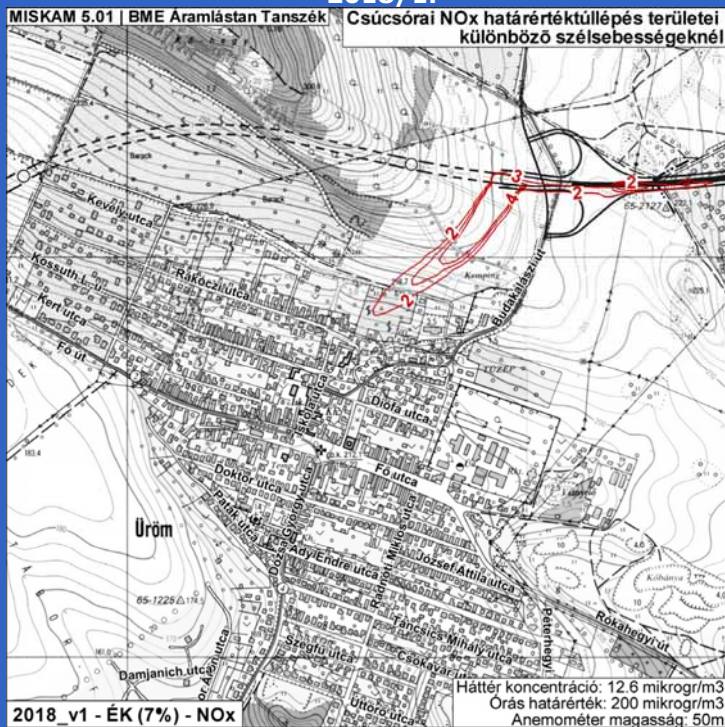
2018/6.



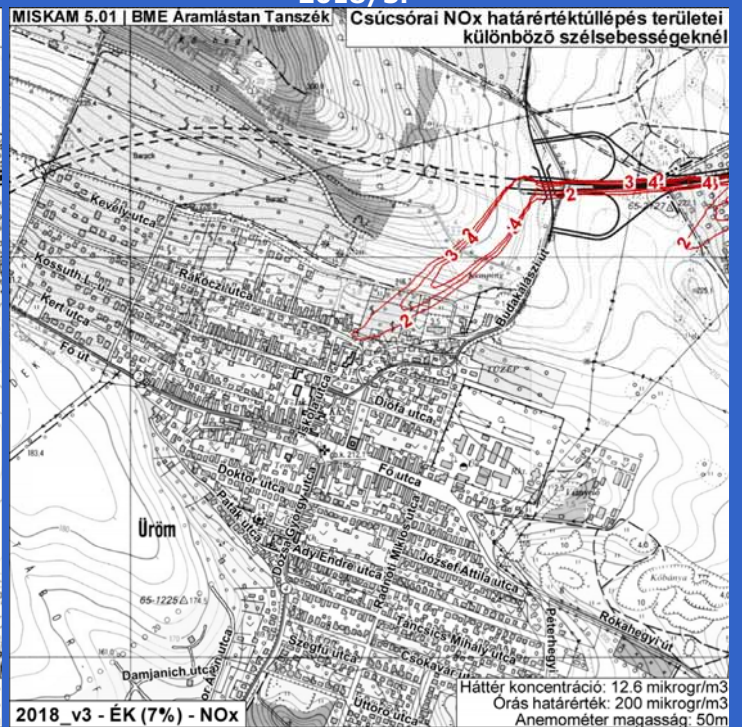
23. ábra Üröm környezetében, csúcsforgalomnál, északi szélirány esetén azon területeket határoló vonalak, amelyeken belül az NO_x csúcsórai átlagkoncentrációja 2, 3, 4 m/s szélességnél eléri vagy meghaladja a határértéket

ÉSZAKKELETI SZÉLIRÁNY

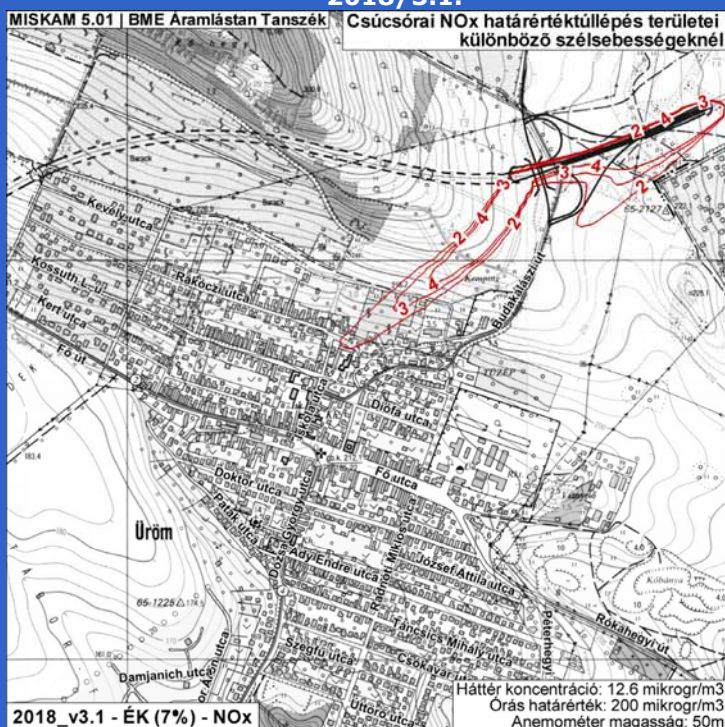
2018/1.



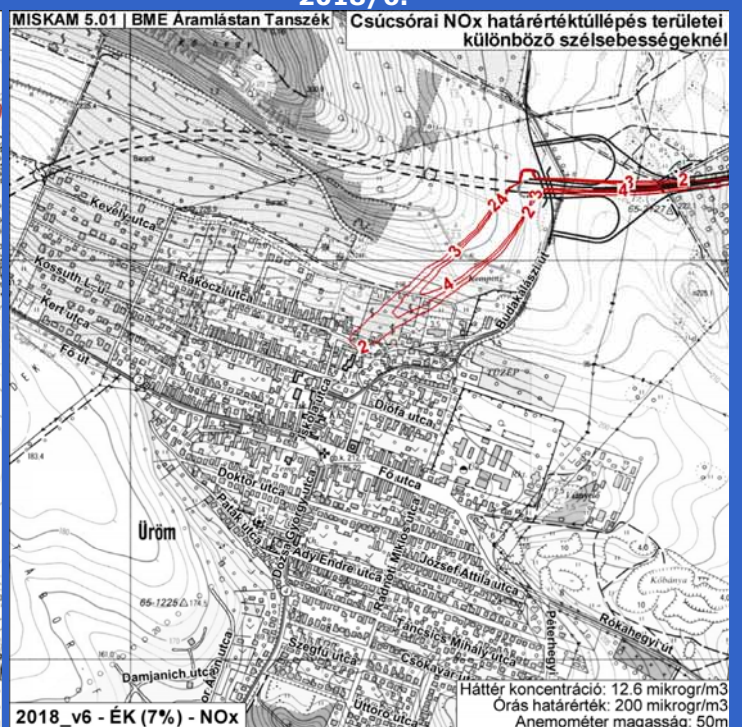
2018/3.



2018/3.1.

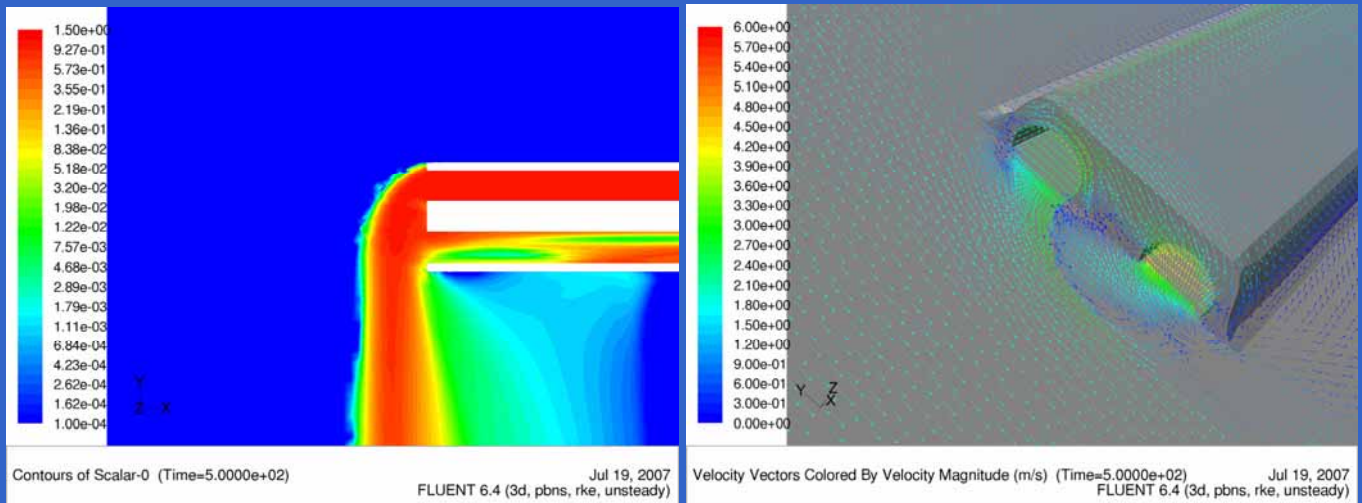


2018/6.



24. ábra Üröm környezetében, csúcsforgalomnál, északkeleti szélirány esetén azon területeket határoló vonalak, amelyeken belül az NO_x csúcsórai átlagkoncentrációja 2, 3, 4 m/s szélességnél eléri vagy meghaladja a határértéket

Az alagút kijáratától induló, viszonylag nagy légszennyezettséggel jellemezhető „csóvák” befolyásolására több lehetőség van. Az egyik az alagútban keletkező szennyező mennyiségének csökkentése, amely adott forgalomsűrűség mellett az alagút hosszának csökkentésével valósítható meg. Az alagút portáljainak kialakításától is függő másik lehetőség a két ellentétes menetiránnyal jellemzett alagút közötti áramlási kölcsönhatás megszüntetése. A 25. ábrán egy áramlás szimuláció eredményét látjuk. A bal oldali képen felülnézetben látjuk az alagutat vízszintesen el metsző síkban a koncentráció megoszlást. Ezen, és a jobb oldali képen, ahol a sebességvektorok láthatók megfigyelhető, hogy a felső alagútból kiáramló nagy szennyező koncentrációjú levegő nem jelentéktelen része (28%) ennél a széliránynál a másik alagútba áramlik be. A be- és kijáratot elválasztó falak építésével, vagy az alagút be- és kijáratok elhúzásával el kell érni, hogy hasonló átáramlás az alagutak másik végén ne következzen be, mert az növelné az ürömi csomópont terhelését.



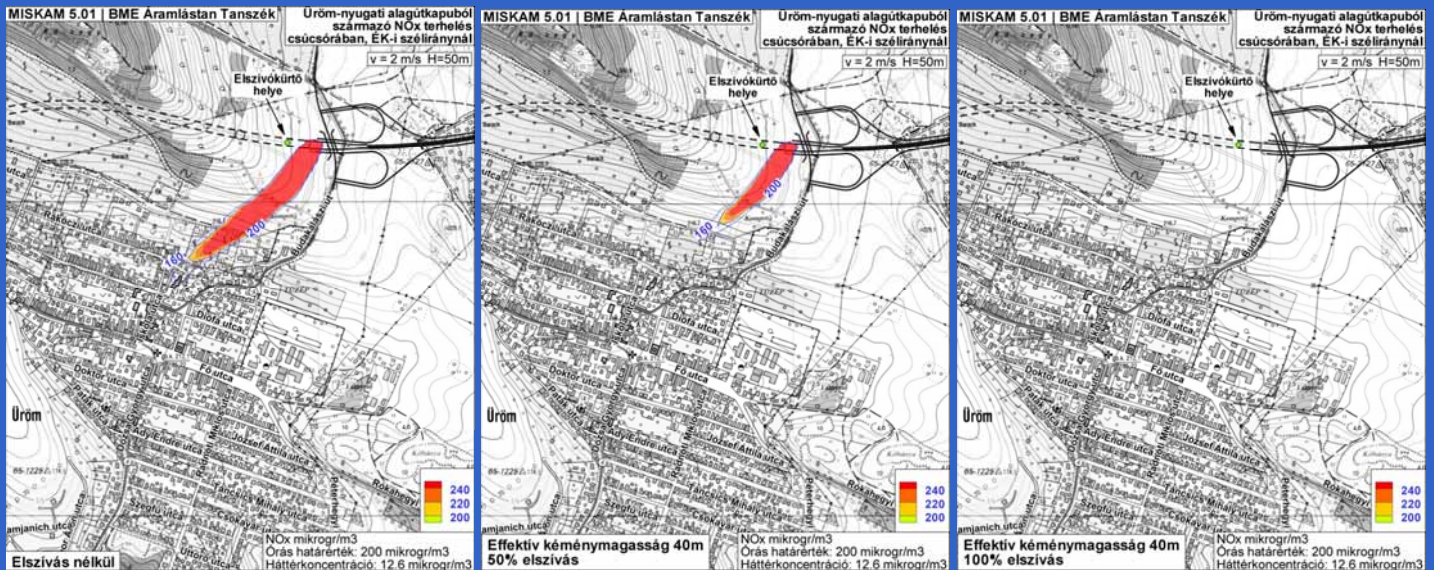
25. ábra Az egyik alagútból kilépő szennyező egy része a másik alagútba áramlik be.

A légszennyezettségi állapot javításának másik módszere az alagútban összegyűlő szennyezett levegő gyorsabb elkeveredésének, a koncentráció áramlás irányú rohamosabb csökkenésének elősegítése. Ennek egyik, gyakran alkalmazott módja (amelyre vonatkozó előírásokat alagútszellőzéssel foglalkozó szabványok tartalmaznak) az alagút kijárata közelében az alagútban áramló szennyezett levegő, vagy annak egy része függőleges kürtön keresztül történő kibocsátása a környezetbe ventilátor alkalmazásával. A kürtőnek nem kell magasnak lennie, miután ennek a rendszernek az alkalmazására csak kis (2-3 m/s) szélességeknél van szükség, amikor a levegősugár még kis kibocsátási magasság esetén is viszonylag magasra emelkedik, amíg vízszintesbe fordul. A magasban áramló szennyezett levegő gyorsan hígul, így a talaj menti légszennyezettség igen jelentősen csökken. A 26. ábrán egy hasonló szellőztető rendszer ventilátora és a kürtő kialakítások láthatók. A kürtők fák között „eltüntethetők”.



26. ábra Az alagút kijárata közelében elhelyezett elszívó rendszer ventilátora és a szennyezett levegő kibocsátására szolgáló kürtő városi ill. természeti környezetben

A 27. ábra a kürtő nélküli és a kürtő alkalmazásával a talaj közelében kialakuló NO_x csúcsórai koncentrációt hasonlítja össze.



27. ábra A szennyezett levegő alagút kijárat környékén történő elszívásának és kürtőn keresztül történő kibocsátásának hatása a szennyező terjedésre 2 m/s szélsébségnél, 3. nyomvonal-változat esetén

Látható, hogy ezzel a módszerrel igen jó eredmények érhetők el: már az alagútban áramló légmennyiség felének elszívása esetén a kürtő helyén kibocsátott szennyező akkor éri el a talaj közeli réteget, amikor a szennyező koncentráció az intenzív hígulás miatt alig haladja meg a háttérszennyezettséget.

Ugyanez vonatkozik arra az esetre is, amikor az alagútban áramló teljes szennyezett levegőt elszívjuk. (Ebben az esetben az alagút kijáratból nem áramlik ki szennyezett levegő.) A berendezés csak adott szélirányoknál (a szennyező forrás felől lakott területek felé fújó szélnél), adott értéknél kisebb szélsébség esetén akkor működik, ha az alagút kijáratánál a koncentráció adott értéket meghalad: általában csúcsforgalom idején. A berendezés részei a ventilátor zaj csökkentésére szolgáló hangcsillapítók.

Az alagútból kilépő levegő gyorsabb hígulását előidéző további módszer az alagút kijárat közelében a szennyezőt tartalmazó áramló levegő „felemelése” és az áramlás turbulenciájának növelése (pl. megfelelően kialakított zajvédő falakkal, fák, bokrok alkalmazásával).

A ZAJTERHELÉS JELENLEGI ÉS VÁRHATÓ ÉRTÉKE ÜRÖM HELYSÉGBEN

Ürömről az átmenő forgalommal rendelkező országos utak (1108 j. ök. út) mellett magas a zajterhelés.

KÜLÖNÖSEN MAGAS ZAJTERHELÉSEK	NAPPAL	ÉJJELE	
Rókahegyi út	63-65	55-57	dB
Dózsa György út	62-64	56-58	dB
Budakalászi út	63-65	55-57	dB
Ürömi út	65-67	58-60	dB

KEDVEZŐ HELYEK	NAPPAL	ÉJJELE	
Fő utca	56-58	49-51	dB

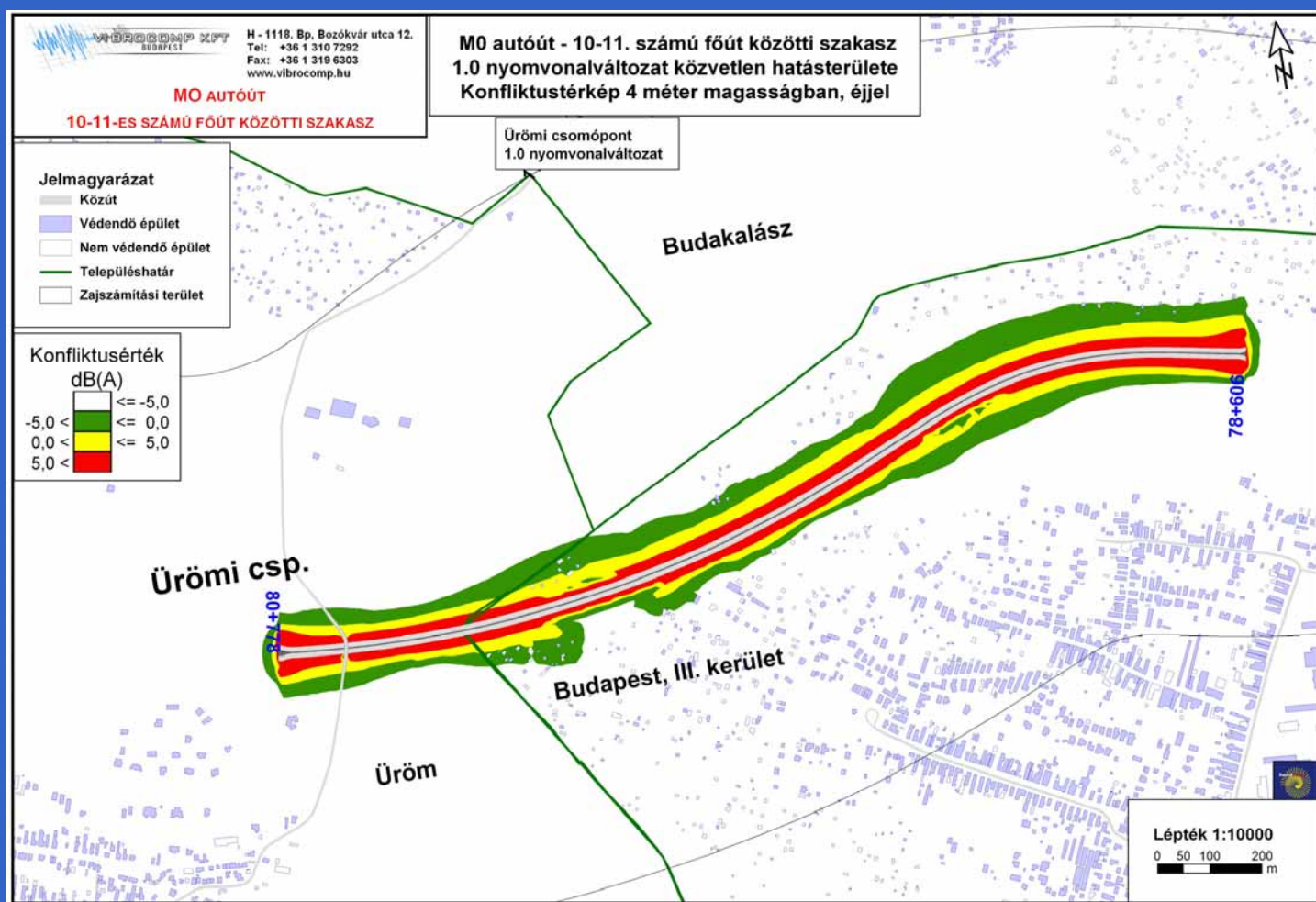
Jelentős (5 dB-nél nagyobb) konfliktus: Dózsa György út, Rókahegyi út, Budakalászi út, Ürömi út.

A zajterhelés a település főútjai (Ürömi út, Dózsa György út) mellett magas, ami egyrészt a település és 10. sz. főút közötti kapcsolat, másrészt, a 11-10. sz. utak összekötési hiánya következménye, azaz sokan használják Üröm belső utcáit M0-ként.

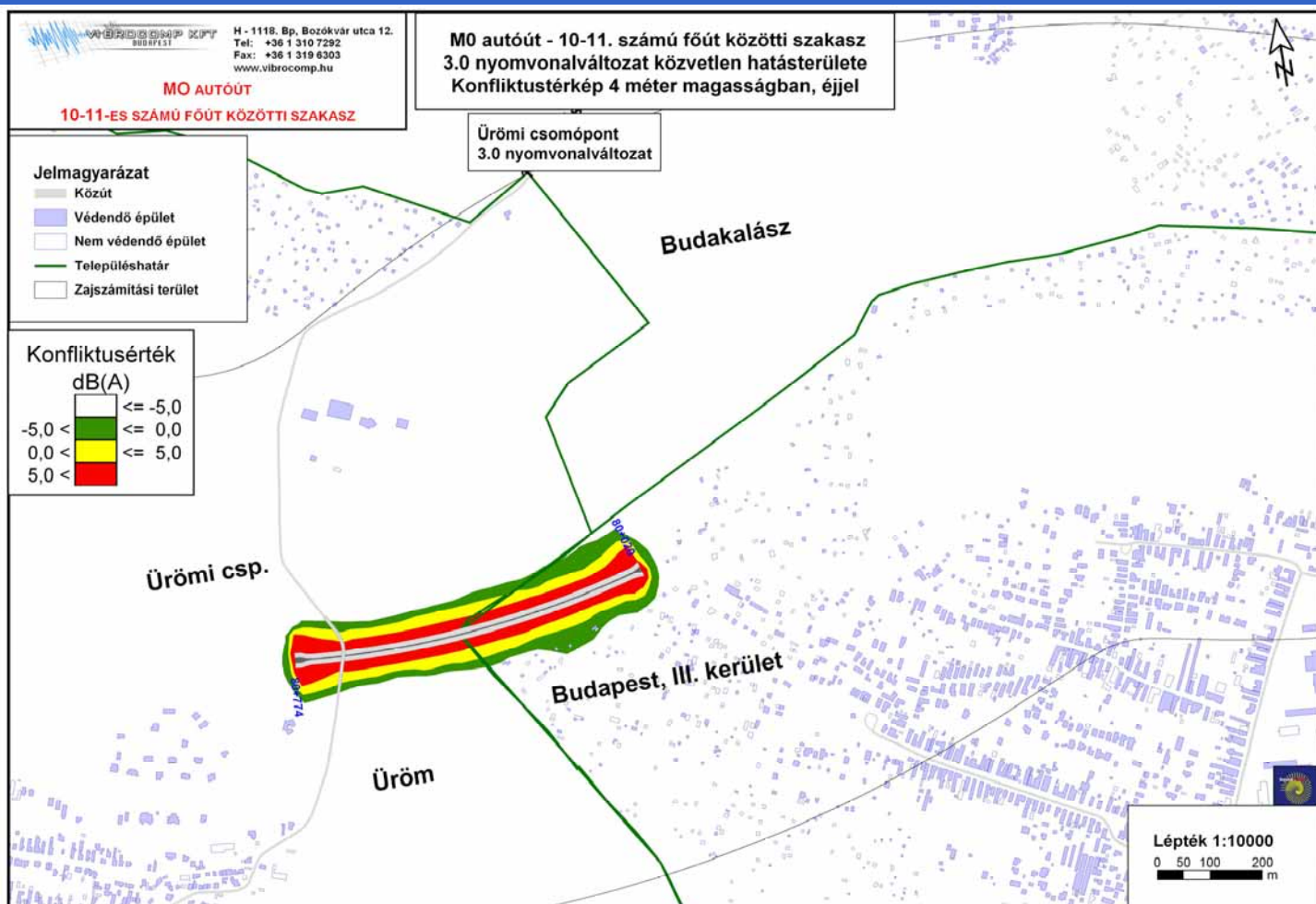
A településen átmenő utak keskenyek, beépítettek, az útburkolatok rossz minőségűek. Ugyancsak érinti a települést a Pilisborosjenőre irányuló forgalom is.

Az M0 autópályát megépítése a fenti utak melletti épületek környezetében 1-3 dB értékű zajcsökkenést eredményez.

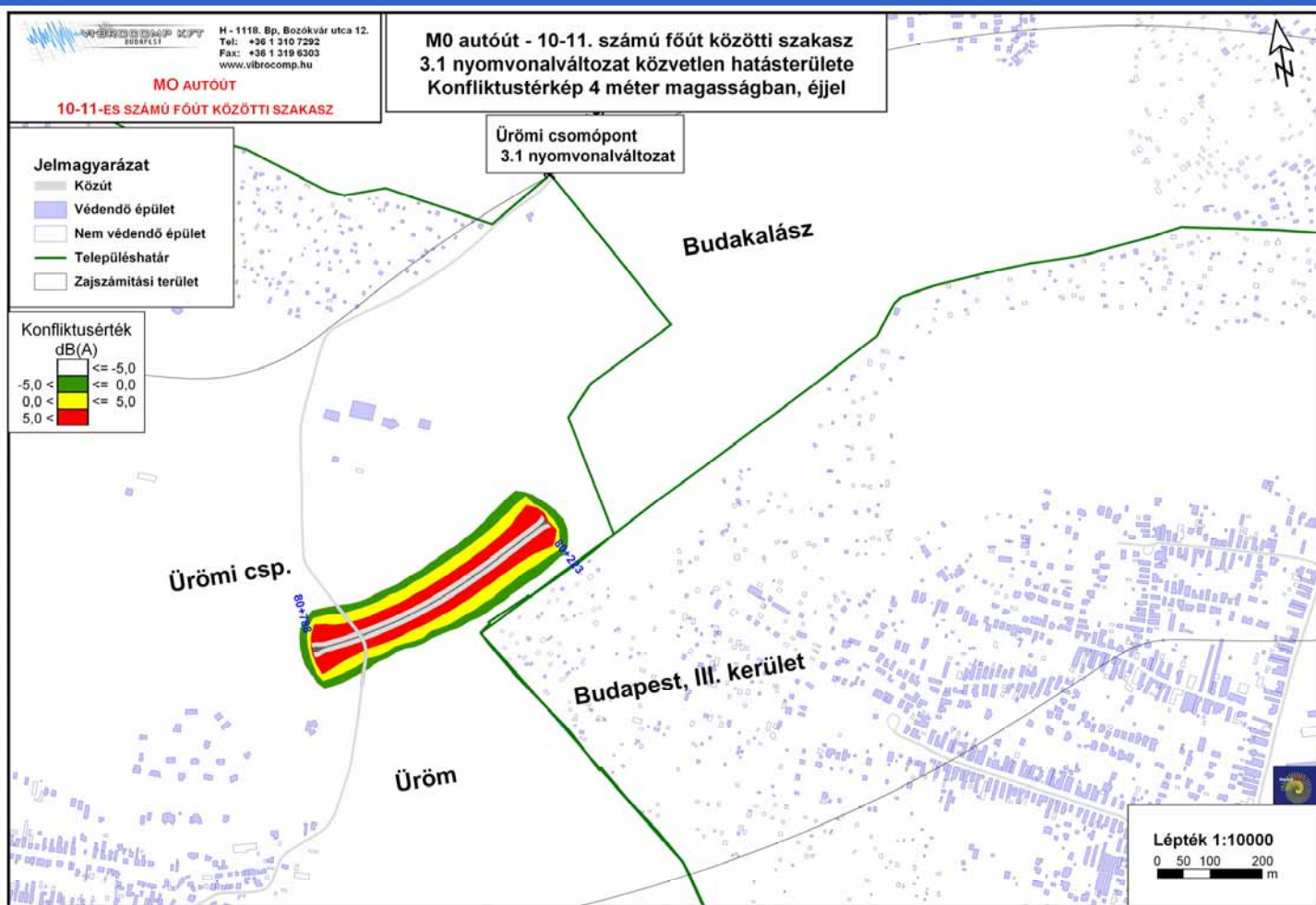
A mellékelt konfliktustérkép ábrákból (ld. 28-32. ábrák) megállapítható, hogy az M0 autópályát Üröm közvetlen hatásterületén nem okoz határérték feletti zajterhelést.



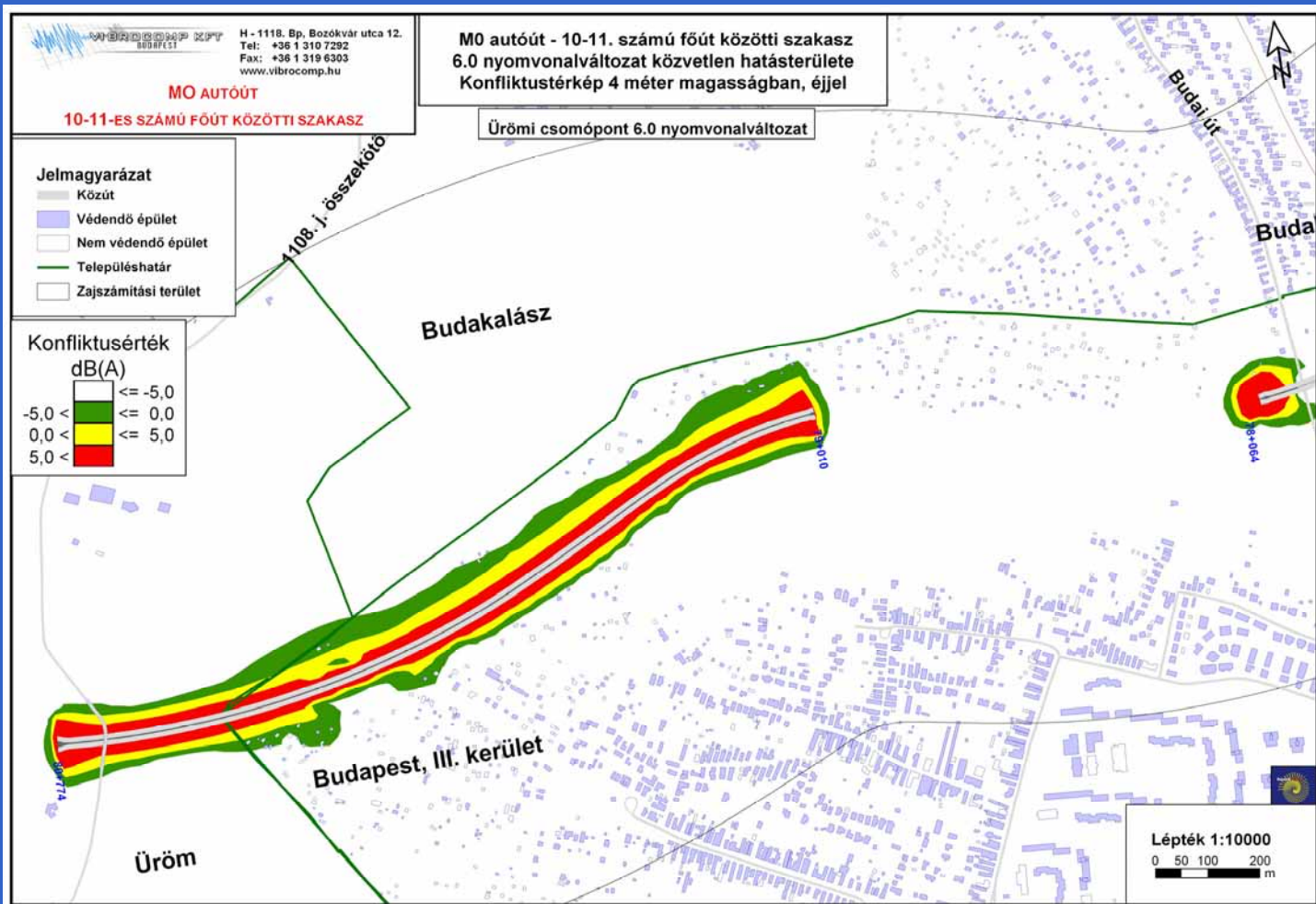
28. ábra Ürömi konfliktustérkép az 1. nyomvonal-változatra



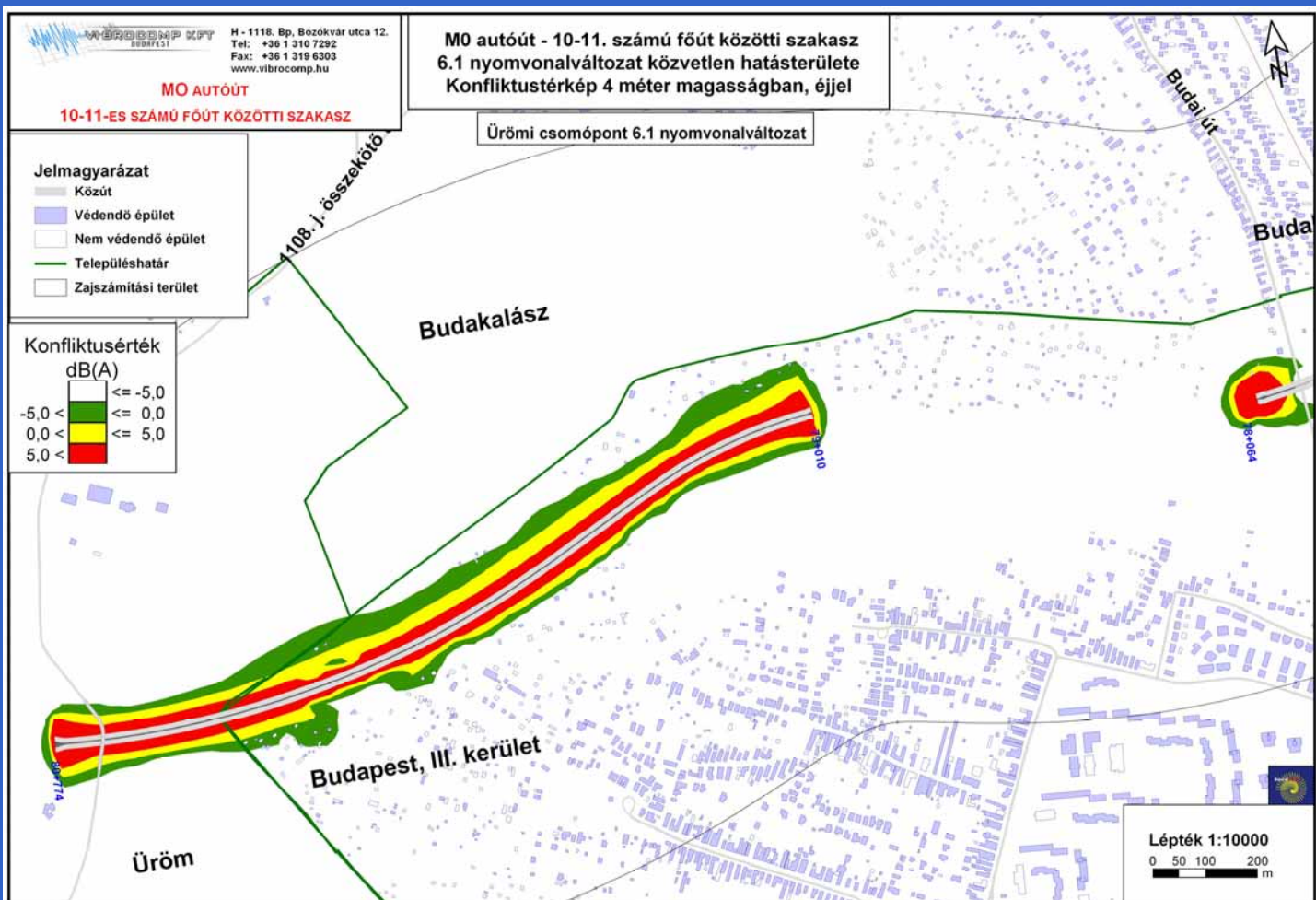
29. ábra Ürömi konfliktustérkép a 3. nyomvonal-változatra



30. ábra Ürömi konfliktustérkép a 3.1. nyomvonal-változatra



31. ábra Ürömi konfliktustérkép a 6. nyomvonal-változatra



32. ábra Ürömi konfliktustérkép a 6.1. nyomvonal-változatra

ELÉRHETŐSÉGEK, TOVÁBBI INFORMÁCIÓ



Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.

NEMZETI INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTŐ ZRT.

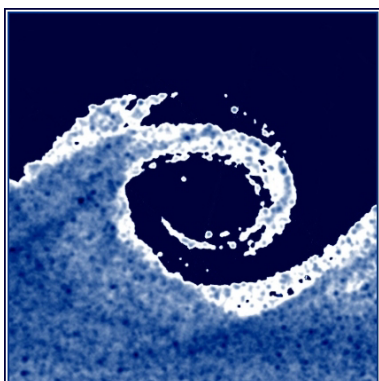
H-1134 Budapest, Váci út 45.

Tel.: +36-1-4368-100

Fax: +36-1-4368-110

www.nif.hu

info@nif.hu



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



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

www.bme.hu



VIBROCOMP KFT.

H-1118 Budapest, Bozókvár u. 12.

Tel.: +36-1-310-7292

Fax: +36-1-319-6303

www.vibrocomp.hu

info@vibrocomp.hu