

Országos Tudományos Diákköri Konferencia

2025

A forgalmi zajtól süketül a város!
Zajszennyezés vizsgálata
Székelyudvarhely központjában

SZERZŐ:

Fekete Kristóf- Dániel

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem,
Kolozsvári kar,
Környezettudomány Tanszék, Kolozsvár

E-mail: f.kristof04@gmail.com

TÉMAVEZETŐ:

dr. Néda Tamás, egyetemi adjunktus,

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem,
Kolozsvári Kar,
Környezettudományi Tanszék, Kolozsvár

E-mail: neda.tamas@sapientia.ro

Tartalom

Táblázatok jegyzéke	3
Ábrák jegyzéke	3
KIVONAT	5
1. BEVEZETŐ	6
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1. A hang	7
2.1.1. A hang frekvenciája (f) és hullámhossza (λ)	8
2.1.2. A hangnyomás (p) és hangteljesítmény (P)	9
2.1.3. A hang terjedési sebessége (c)	9
2.1.4. A hangintenzitás (I)	9
2.1.5. Hangintenzitás szint (L_I)	10
2.1.6. A decibel (dB)	11
2.1.5. A hangérzet	11
2.2. Az emberi fül és a hang	12
2.2.1. A fül anatómiája	12
2.2.2. Az emberi hallás	13
2.3. A zaj	14
2.3.1. A zaj meghatározása	14
2.3.2. Határértékek	15
2.3.3. A zaj hatása az emberre	17
2.4. Stratégiai zajtérkép	17
2.4.1. A zajtérképezés célja	18
2.5. IMMI 6.3	18
2.6. Székelyudvarhely bemutatása	18
3. KUTATÁS MÓDSZERTANA	20

3.1. A forgalom felmérése.....	20
3.2. A térkép elkészítése	23
4. KUTATÁSI EREDMÉNYEK	27
4.1. Térképek	27
4.2. Kiértékelés	29
4.3. Zajcsökkentési megoldások.....	30
4.3.1. Terelőút	30
4.3.2. Sebességkorlátozás	31
4.3.3. Márton Áron tér lezárása	33
4.3.4. Tömegközlekedés.....	33
4.3.5. Bicikliutak.....	34
4.3.6. Egyéb alternatívák	34
5. KÖVETKEZTETÉSEK	34
6. FORRÁSOK.....	35
6.1 Felhasznált szakirodalom	35
6.2 Felhasznált internetes oldalak.....	35

Táblázatok jegyzéke

1. Táblázat: Néhány jellegzetes környezeti hanghoz tartozó hangintenzitás és hangintenzitásszint (1 kHz frekvenciánál) (forrás: Kiss és Tasnádi 2012)
2. Táblázat: Határértékek L_{DEN} mutatóra (Forrás: Legea nr. 121/2019)
3. Táblázat: Határértékek L_N mutatóra (Forrás: Legea nr. 121/2019)
4. Táblázat: Legnagyobb bevételek/parkolóhelyek Romániában 2022-ben
5. Táblázat: Forgalmi mérések
6. Táblázat: Határérték feletti zajjal szennyezett épületek száma L_{DEN} mutatóra
7. Táblázat: Határérték feletti zajjal szennyezett épületek száma L_N mutatóra

Ábrák jegyzéke

- 1.Ábra: A harmonikus rezgőmozgás bemutatása (Forrás: Pálffy 2016)
2. Ábra: A hallásra jellemző területek ábrázolása frekvencia – hangnyomásszint diagramon (Forrás: Pálffy 2016)
3. Ábra: az emberi fül felépítése (forrás: Kiss és Tasnádi 2012)
- 4.Ábra: Nappali forgalomeloszlás
- 5.Ábra: Esti forgalomeloszlás
- 6.Ábra: Éjszakai forgalomeloszlás
7. Ábra: Székelyudvarhely térképe, rajta bejelölve a vizsgált térség. (forrás: Google Earth)
8. Ábra: Székelyudvarhely központi része, a vizsgált térség. (forrás: Google Earth)
9. Ábra: Székelyudvarhely központi része megrajzolva
10. Ábra: Székelyudvarhely központi részének a program generált háromdimenziós képe
11. Ábra: Székelyudvarhely központi részének zajtérképe az L_{DEN} zajmutatóra
12. Ábra: Székelyudvarhely központi részének zajtérképe az L_N zajmutatóra

13. Ábra: Székelyudvarhely térképe, rajta bejelölve a lehetséges teherforgalmi útvonal

14. Ábra: Székelyudvarhely központi részének zajtérképe az L_{DEN} zajmutatóra 30 km/h sebességkorlát esetén

15. Ábra: Székelyudvarhely központi részének zajtérképe az L_N zajmutatóra 30 km/h sebességkorlát esetén

KIVONAT

A zajszennyezés, a környezetet érő szennyezések egyik specifikus formája, mely a környezet zaj általi szennyezését jelenti. A környezeti zajt olyan hangok alkotják, melyek zavarják az élőlényeket és káros hatással lehetnek ezek egészségére és nyugalma. A településeken a közúti forgalom által kibocsájtott hangok, az egyik legjelentősebb része az embert ért zajszennyezésnek. A folyamatos zajnak való kitettség számos egészségügyi problémát okozhat, például: alvászavart, halláskárosodást, koncentrációs nehézségeket vagy idegrendszeri problémákat. A zajszennyezés csökkentése érdekében számos tevékenységet lehet alkalmazni, de előbb érdemes felmérni a település zajszennyezettségét, zajtérkép segítségével modellezni azt, így könnyebben és hatásosabban el lehet készíteni egy csökkentési tervet.

Kutatásom célja, szülővárosom, Székelyudvarhely zajszintjének felmérése, vizsgálata, majd zajtérkép készítése. A kutatásomban megvizsgálom a város zajszennyezettségét utcákra lebontva, lehetséges okokat határozok meg, és javaslatokat teszek a változtatásokra.

1. BEVEZETŐ

Az embert körülvevő környezet nap mint nap ki van téve különféle szennyezéseknek, melyek lehetnek természetesek vagy antropogén eredetűek és negatív hatást gyakorolnak az ökoszisztémára vagy az élőlényekre. A környezetszennyezés több különböző formában is jelentkezhet, egy ilyen faktor például a zaj, ami olyan zavaró hangok összessége, amelyek akár károsak is lehetnek a hallásra vagy az emberi jólétre. A természetes eredetű zaj temérdek félé lehet, okozhatják az élőlények, szél fújása, víz csobogása, vagy a többi környezeti folyamat, az ember által generált zajok például az ipari tevékenységek, közlekedési zajok, amelyek egyben egy város zajszennyezését okozzák.

Az ipari forradalom után beindult, az iparosodás és a gépesítés, a kétkezi, illetve a haszonállattal végzett munkát már, kezdetben gőz, majd villany és belsőégésű motorral rendelkező gépek végezték, melyek mindamellett, hogy jóval hatékonyabbak voltak, jelentősen magasabb zajt bocsájtottak ki. Tovább ugorva az időben, ismét antropogén hatás következtében újra növekedett a környezeti zajszint, az urbanizáció idején, amikor ugyanis, az emberek a jobb megélhetés és a munkahelyek reményében városra költöztek. A városok lakosság számának növekedésével párhuzamosan növekedett a jármű forgalom, mely maga után vonta a magasabb zajszennyezést. Napjainkban sincs ez másként, a gépjármű gyártók rengeteg típust kínálnak a fogyasztóknak, akik, a kényelem érdekében már kis sétával megtehető távokat is autóval tesznek meg éppen ezért a városokban érezhető a megnövekedett zajszennyezés, mely bár nem látványos módon, de annál inkább jelentős hatással van a jólétre.

A nagy intenzitású, hosszú ideig zajnak való kitettség számos egészségügyi problémát is okoz, például halláskárosodást, alvászavart, nyugtalanságot vagy stresszt, éppen ezért fontos a megfelelő védekezés és a jól szervezett városi infrastruktúra tervezés a zajcsökkentés érdekében. A zajvédelem legfőbb feladata a zajforrások felmérése és vizsgálata, illetve a szennyezett területek mentesítése és tisztítása határértékek bevezetésével.

A zajszennyezés felderítésére és vizsgálására szolgáló leghatékonyabb módszer a stratégiai zajtérképezés, mely a forgalom diagnosztikájával, illetve a közúti adatok alapján átfogó képet nyújt egy város zajszintjének helyzetéről és a problémás övezetekről. A zajtérkép egy stratégiai egyköz, mely a jelenlegi helyzet mellett akár a jövőbeni, illetve bizonyos módosítások, például sebességkorlát csökkentés esetében bekövetkezendő eseteket is képes szemléltetni. Egy stratégiai

zajtérképet, Az Európai Parlament és a Tanács 2002/49/EK irányelve alapján kell elkészíteni, mely rendelet a környezeti zaj kezeléséről és értékeléséről szól.

A kutatásban vizsgált város Székelyudvarhely, egy Romániai, azon belül Hargita megyei kisváros, melynek területe 47,79 km² és lakossága 2021-es adatok szerint 31 335 fő, így az Európai szabvány szerint kis városnak számít és még nem köteles zajtérképet készíteni.

Dolgozatunk célja vizsgálni és felmérni Székelyudvarhely zajszennyezettségét és egy stratégiai zajtérképet készíteni a város legforgalmasabb részéről a központi régióról, hogy egy aktuális képet kapjunk, hogy mennyire vannak kitéve az emberek a magas szennyezésnek, illetve mely utcák a leghangosabbak. A stratégiai zajtérkép vizsgálata után javaslatokat fogalmazunk meg a magas zajszint csökkentésére, illetve a szennyezés visszaszorítására.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A hang

„A hang a rugalmas közegben, általában a levegőben hangsebességgel, hullámok formájában terjedő elemi állapotváltozás.” (Domokos és Horváth 2011)

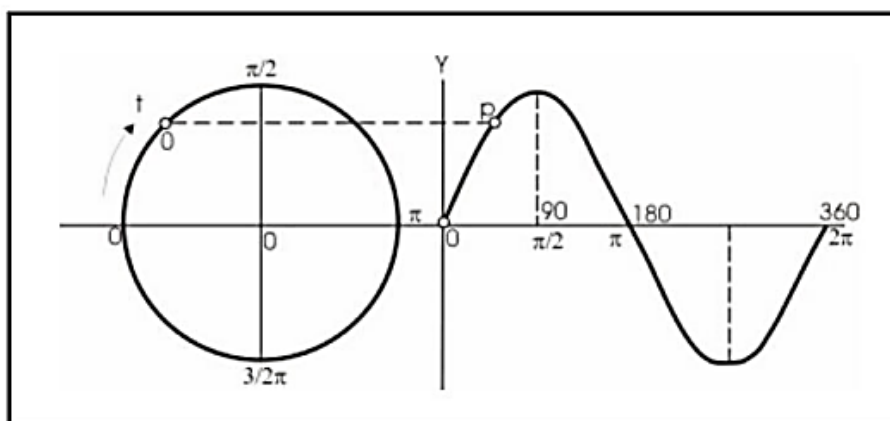
A hang egy meghatározott frekvenciájú rezgés vagy harmonikus sor, amelyet érzékelhetünk a hallástartományon belül. Fizikailag, a hang egy hangjelenség, míg élettani szempontból hangérzet. Pszichológiai szempontból pedig a hangnak lélektani hatása lehet, ami az adott hang által kiváltott érzéseinkből fakad, ezáltal létrejön a hangélmény. Ennek megfelelően, zajnak nevezzük minden olyan hangjelenséget, ami kellemetlen vagy negatív hangélményt vált ki. A zaj különböző frekvenciájú és intenzitású hangok keveréke, amely zavaró hatással lehet az emberekre. A hang mechanikai hullámként terjed valamilyen közegben, például szilárd testben, gázban vagy vízben. A közeg állapota befolyásolja, hogy milyen messzire és milyen mértékben terjednek el a hanghullámok.

Fizikai szempontból, a hangot a következőkkel lehet jellemzeni: frekvencia, hullámhossz, hangnyomás, hangteljesítmény, terjedési sebesség és hangintenzitás.

2.1.1. A hang frekvenciája (f) és hullámhossza (λ)

Összetett hangnak nevezünk minden olyan hangot, mely nem szinuszos lefolyású, amely pedig szinuszos változó folyamat az a harmonikus rezgőmozgás. A beszéd, a zene, a zaj, a természet hangjai összetett rezgések.

„A hangok periodikus szinuszos hullámok, ez a periodicitás térben és időben is jelentkezik. Időbeni periódusa a T periódusidő, amely az a legrövidebb idő, mely alatt a rezgés periodikusan ismétlődik.” (Pálffy 2016 p. 6)



1. **Ábra:** A harmonikus rezgőmozgás bemutatása (Forrás: Pálffy 2016)

Egy hang f frekvenciáját egy másodperc alatti összes rezgés száma adja, mértékegysége pedig a Hertz (Hz). A frekvencia határozza meg egy adott hang magasságát.

$$f = 1/T \text{ [Hz]} \quad (1)$$

ahol: f - frekvencia

T - időtartam

Egy hang hullámhosszát (λ) a hullám frekvenciájának, illetve a terjedési sebességének a viszonya adja:

$$\lambda = c/f \text{ [m]} \quad (2)$$

ahol: λ - hullámhossz

c - terjedési sebesség

f - frekvencia

2.1.2. A hangnyomás (p) és hangteljesítmény (P)

„A hangnyomás a hangrezgések által a közegben keltett váltakozó nyomás, mely a hangtér közvetlenül mérhető adata. Mértékegysége a Pascal [Pa]. Amikor zajt mérünk, minden esetben légnyomásváltozást mérünk.” (Pálffy 2016)

„A hangteljesítmény (P) egy adott (A) felületen időegység alatt átáramlott hangenergia, melynek mértékegysége a watt [W].” (Pálffy 2016 p.8)

$$P = I \cdot A \text{ [W]} \quad (3)$$

ahol: P - hangteljesítmény

A - felület

I - hangintenzitás

2.1.3. A hang terjedési sebessége (c)

A hullám terjedési sebességét hangsebességnek (c) nevezzük, melynek mértékegysége m/s. A hangsebesség függ a közeg (levegő) hőmérsékletétől, sűrűségétől és a páratartalomtól. Átlagosan, 15 °C-os száraz levegőben, a hangnak a terjedési sebessége 340 m/s. (Pálffy 2016) Ismerve a hullámhosszt (λ) és a frekvenciát (f), kiszámítható a hangsebesség (c):

$$c = \lambda \cdot f \text{ [m/s]} \quad (4)$$

ahol: c - hangsebesség

λ - hullámhossz

f - frekvencia

2.1.4. A hangintenzitás (I)

A hang lényegében egyfajta fizikai ingert jelent, amely rezgések formájában vagy hullámokként érkezik a hallószervhez, majd fiziológiai reakciókat vált ki, vagyis a hangérzetet. Ebből a szempontból két különböző hangerősségről beszélünk: az objektív hangérzet, ami a fizikai értelemben vett hangerősséget jelenti, és a szubjektív hangérzet, ami a hallójelenségek intenzitását

mutatja. A fizikai ingert általában hangintenzitásnak nevezzük, jelölése (I), míg a hangérzetnek az erősségét hangosságnak (H). A hanghullámokban, ahogyan más hullámokban is, az energia áramlik, mivel a közeg részecskéi rezgésbe kezdenek egy meghatározott térben. Az energiaáramlást általában úgy határozzuk meg, hogy meghatározzuk, hogy mennyi hangenergia halad át egységnyi felületen, egységnyi idő alatt. (Pálffy 2016) Ezt az intenzitás írja le:

$$I = P/A \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (5)$$

ahol: P- a hangforrás teljesítménye

A- felület

I- hangintenzitás

Olyan esetben, amikor a hang egyenletesen terjed minden irányba, akkor a távolság négyzetével fordítottan arányos az intenzitás.

2.1.5. Hangintenzitás szint (L_I)

„A hangintenzitás az egységnyi felületen egységnyi idő alatt áthaladó hangenergia. Fontos megjegyezni, hogy az intenzitás vektoriális mennyiség, a meghatározásához meg kell adni a felület térbeli elhelyezkedését (amit legegyszerűbben a felület normálisa irányának megadásával tehetünk meg).” (Domokos és Horváth 2004)

A hangintenzitás szintjét a következő képlettel írhatjuk le:

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}} \text{ dB} \quad (6)$$

ahol: $L_{ref} = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ (7)

I- hangintenzitás

Például: ha az intenzitás mértéke 0,0001 W/m² akkor az intenzitásszint: $L_I=80$ dB.

2.1.6. A decibel (dB)

Az emberi fül érzékelési tartományához igazodó skála szükséges a hang vagy zaj észlelésének leírásához. A mesterséges és természetes hangforrások teljesítménye igen nagy különbségeket mutat, mintegy 12-13 nagyságrendben. Ekkora skálán a számítás és mérés rendkívül nehéz lenne, ezért alkalmazzuk a logaritmikus skálát. Ennek egyik változata a decibelskála (dB), amelyet Alexander Graham Bell, a telefon feltalálójához kapcsoljuk. A decibel egy dimenzió nélküli, viszonyítási mértékegység, melyet dB-vel jelölünk. A skála kiindulópontja az emberi hallásküszöbön lévő $2 \cdot 10^{-5}$ Pa nyomás, amit 0 dB-nek jelölünk. A skála értékeit szinteknek (L) hívjuk, melyek alapját a mérőszám tízes alapú logaritmusának tízszerese képezi. (Pálffy 2016)

2.1.5. A hangérzet

A hangérzet kialakulása összefügg a hang fizikai tulajdonságaival és a hallószerv egyedi jellemzőivel, így egy olyan fizikai fogalomról beszélünk, mely egyéntől függő és szubjektív. A hanghullámok átalakulnak idegi impulzusokká a fülben, majd ezek az ingerületek az agyban váltják ki a hangérzetet. Az emberi hangérzet és az objektív mérőszámok között nem lineáris összefüggés áll fenn. Az emberi fül nem egyformán érzékeny minden frekvenciára; a hangokat csak a 20 Hz és 20 kHz közötti frekvenciatartományban tudja észlelni. Mind a frekvenciának, mind a hangnyomásnak vannak korlátai a hangok azonosításában. Az a hang hangnyomása, amely még éppen, hogy hallható $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, ami a hallásküszöböt jelöli. A felső határa a hallható hangoknak pedig azon a hangnyomáson van, amelyen a hang már fájdalmat okoz, ez az úgynevezett fájdalomküszöb. A fájdalomküszöb feletti hangokat szuperhangoknak nevezzük, a hallásküszöb alatti hangokat pedig küszöb alatti hangoknak nevezzük. (Pálffy 2016)

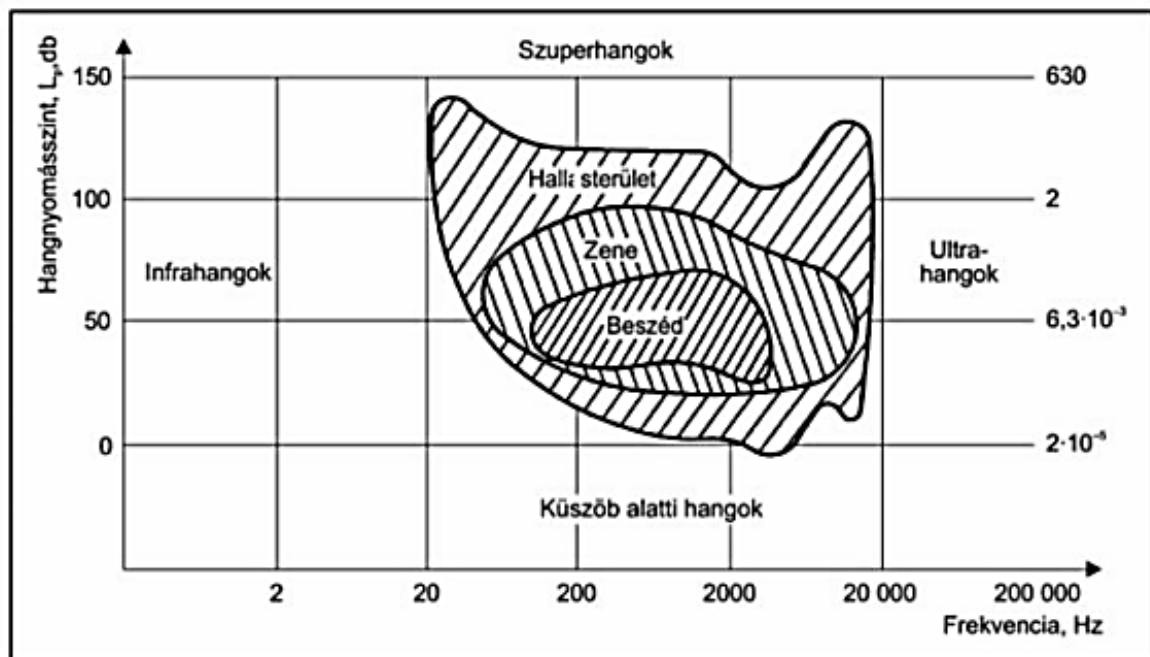
A hangok csoportosítása a frekvenciájuk szerint is lehetséges:

Infrahangok: azok a hangok, melyeknek 20 Hz alatti a frekvenciájuk ($f < 20$ Hz)

Hallható hangok: frekvenciájuk 20 Hz és 20 kHz között van ($20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$)

Ultraszhangok: frekvenciájuk 20 kHz és 100 MHz között van ($20 \text{ kHz} < f < 100 \text{ MHz}$)

Hiperhangok: olyan hangok, melyeknek frekvenciája meghaladja a 100 MHz-et ($100 \text{ MHz} < f$)

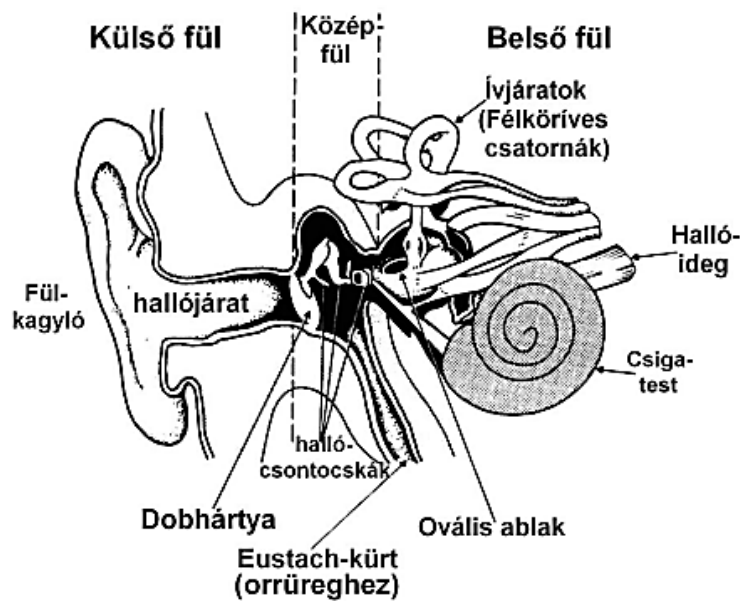


2. Ábra: A hallásra jellemző területek ábrázolása frekvencia – hangnyomásszint diagramon
(Forrás: Pálffy 2016)

2.2. Az emberi fül és a hang

2.2.1. A fül anatómiája

Az emberi érzékszervek között a fül kiemelkedően különleges, amikor hangok érzékeléséről van szó. Egyedülállóan széles skálán mozogva képes érzékelni a hangokat, átfogva három nagyságrendet a frekvenciatartományban, és tizennégy nagyságrendnyi hangintenzitás-tartományt. Ebben a széles tartományban nincs más érzékszervünk, ami ennyire sokféle jelet képes lenne feldolgozni.



3. Ábra: az emberi fül felépítése (forrás: Kiss és Tasnádi 2012)

A külső fül a fülkagylóból és a hallójáratból áll, melyek fontos szerepet töltenek be a hangvezetésben és a hanghullámok továbbításában. Az átmenet a külső és középfül között a dobhártyán keresztül történik, amely a hangot mechanikai rezgéssé alakítja át. A középfül három apró hallócsontból áll, melyek ezeket a rezgéseket a dobhártyától az ovális ablakig továbbítják, így beindítva a belső fülben a hallócsigát.

A belső fül átalakítja a mechanikai rezgéseket idegi impulzusokká, melyeket az agy érzékel. A csigatest, a belső fül egyik fő része, a hangok által keltett rezgéseket fogadja és átalakítja idegi jelekké, amelyeket az agy értelmez. (Kiss és Tasnádi 2012)

2.2.2. Az emberi hallás

Az emberi fül logaritmikusan reagál a hang intenzitásának változására. Ez az oka annak, hogy a hang intenzitását és a hangnyomás szintjét dB (decibel) egységben adjuk meg. A legkisebb észrevehető változás körülbelül 3 dB, ami megfelel egy duplázódó hangintenzitásnak. Az emberek általánosságban észreveszik az 5 dB körüli változást, ami több mint háromszoros intenzitáskülönbséget jelent. A 10 dB-el eltérő hangintenzitásszintet körülbelül kétszer

hangosabbnak érezzük (ez tízszeres intenzitáseltérést jelent), míg a 20 dB-el magasabb intenzitású hangot négyszer hangosabbnak érzékelünk. (Kiss és Tasnádi 2012)

A következő táblázatban szemléltetésre kerül néhány jól ismert zajeseményhez tartozó hangnak az intenzitása és a hangnyomása.

1. Táblázat: *Néhány jellegzetes környezeti hanghoz tartozó hangintenzitás és hangintenzitásszint (1 kHz frekvenciánál) (forrás: Kiss és Tasnádi 2012)*

Hang, hangforrás	HANGINTENZITÁS (W/m ²)	HANGINTENZITÁSSZINT (dB)	HANGNYOMÁS (Pa)
hallásküszöb	10 ⁻¹²	0	20 10 ⁻⁶
lehulló falevél	10 ⁻¹¹	10	63 10 ⁻⁶
suttogás	10 ⁻¹⁰	20	200 10 ⁻⁶
beszélgetés 1 m-ről	10 ⁻⁶	65	35 10 ⁻³
autóban menet közben	10 ⁻⁴	80	0,2
autó kipufogó nélkül	10 ⁻²	100	2
diszkózene	1	120	20
vészsziréna (fájdalomhatár)	100	140	200

2.3. A zaj

2.3.1. A zaj meghatározása

A zaj különböző erősségű (intenzitású) és frekvenciájú hangok olyan keveréke, amely az emberben kellemetlen, zavaró hatást eredményeznek. A különböző hanghatások megítélése azonban – a káros hanghatások kivételével – rendkívül változatos. A hangos zenét hallgató

személyek esztétikai élvezetet éreznek, míg a szomszéd lakás lakója például kellemetlen élményként éli meg. (Kiss és Tasnádi 2012)

Rengeteg féle zajt tudunk elkülöníteni, éppen ezért többféle szempontból is megtörténhet a zajok jellemzése, de főként azon tulajdonságok alapján csoportosítjuk, hogy az emberekre milyen hatással van, így tehát fontos tulajdonsága a zajnak az intenzitásszintje és a hangmagasságok, melyeket tartalmaz. Mindezek felett a legfontosabb szempont az időbeliség, hogy mennyi időt tart az adott zaj.

„A folyamatos zajterhelés mértékének jellemzésére vezették be az ún. nappal-este-éjjel (day-evening-night – den) zajszint fogalmát, amelyet az EU direktívában L_{Den} -el jelölnek.” (Kiss és Tasnádi 2012 p. 138)

Ennek a képlete:

$$L_{DEN} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \right] \quad (8)$$

ahol: L_{day} - egyenértékű A-hangnyomásszint nappalra (12 óra, 07.00-19.00 óra)

$L_{evening}$ - egyenértékű A-hangnyomásszint estére (4 óra, 19.00-23.00 óra)

L_{night} - egyenértékű A-hangnyomásszint éjszakára (8 óra, 23.00-07.00 óra)

A képletben dB-ben van megadva az A típusú frekvenciasúlyozással mért hangszintátlag, nappali, esti és éjszakai időszakban egy egész év minden napjának. Az L_{day} , vagyis a nappali időszak, egy nap 12 óráját fedi le, reggel 07:00 órától este 19:00 óráig, az $L_{evening}$, az esti időszak, 4 órából áll, 19:00-tól 23:00-ig, az L_{night} , az éjszakai időszak időtartalma 8 óra, 23:00-tól 07:00-ig. Az EU direktívája meghatározza azt is, hogy a napszakoknak az átlagos hangszintjét, a földfelszíntől 4m magasságban kell meghatározni.

2.3.2. Határértékek

A korábban említett zajindikátorok kiszámolásával, illetve a zajtérképek elkészítésével lehetőség adódik egy adott terület zajártalmainak vizsgálatára, viszont ahhoz, hogy egyértelműen azonosíthatók legyenek a problémás helyek, szükség volt határértékeket meghatározni, melyeket az alábbiakban vannak feltüntetve.

2. Táblázat: Határértékek L_{DEN} mutatóra (Forrás: Legea nr. 121/2019)

Zajforrások	Maximális megengedett értékek
Utcák, utak és autópályák	70
Vasút	70
Repülőterek	70
Ipari övezetek	65
Kikötők (vasúti és közúti szállítási tevékenységek a kikötőn belül)	70
Kikötők (ipari tevékenységek a kikötőn belül)	65

3. Táblázat: Határértékek L_N mutatóra (Forrás: Legea nr. 121/2019)

Zajforrások	Maximális megengedett értékek
Utcák, utak és autópályák	60
Vasút	60
Repülőterek	60
Ipari övezetek	55
Kikötők (vasúti és közúti szállítási tevékenységek a kikötőn belül)	60
Kikötők (ipari tevékenységek a kikötőn belül)	55

2.3.3. A zaj hatása az emberre

Mindenkit megterhel egy zajos környezet, és ennek hatásait, ha indirekt módon is, de már mindenki tapasztalta. A munkavégzésben zavaró lehet és a pihenést is nehezíti már a kb. 55–60 dB közötti állandó zaj. 60–70 dB-nél, már kevésbé érthetővé válhat a beszélgetés is. A 80–90 dB közötti zaj hosszabb időtartam esetén jelentős halláskárosodást is okozhat. Nagyobb intenzitású zajok, 95–110 dB-nél például a diszkókban, már néhány óra alatt jelentősebb halláskárosodást okozhatnak és akár visszafordíthatatlan következmény is eredményezhet.

Különösen az 1–2 kHz körüli zajok okozhatnak komoly problémákat, míg az alacsonyabb frekvenciájú zajok könnyebben tolerálhatók. A zaj általában inkább a munka pontosságát rontja, mintsem, hogy általánosságban csökkentené a tevékenység minőségét. A zajos környezetben az időérzékelés gyakran romlik, és valószínű, hogy az idő múlását érzékeltető hangok frekvenciájától is függ. Megfigyelés, hogy a zaj fokozza az emberek irritációját és gyakran okozhat félelmet vagy aggodást. A hirtelen zajok reflex reakciókat váltanak ki, ami akár balesetekhez is vezethet.

A zajos környezet negatív hatással lehet az emberi testre is így például idegrendszeri problémákat, magas vérnyomást, szív működési zavarokat és akár szexuális zavarokat is okozhat, ezáltal kihathat a társadalmi kapcsolatokra is. (Kiss és Tasnádi 2012)

2.4. Stratégiai zajtérkép

A környezeti zaj kezelésének stratégiai eszközei közé tartozik a szoftveres terjedési modell és a zajtérkép. A zajtérkép hatékonyan kezeli és elemzi a zajforrásokat, mivel térbeli információkat integrál a topográfiai és a zajforrás adataiból. A program a bemeneti adatok alapján lehetővé teszi egy zajforrás vagy egy adott terület zajterhelésének pontos meghatározását, így a zajforrások számszerűsített értékei grafikusán ábrázolva jeleníthetők meg akár háromdimenziós térkép formájában is, ekképpen könnyen elemezhetővé válik egy adott terület zajhelyzete.

Zajtérkép készítési kötelezettség a következő esetekre vonatkozik:

- olyan településekre, melyeknek a lakossága meghaladja a 100 000 főt,
- olyan nagy forgalmú közútvonalakra, melyek évi forgalma legalább 3 millió jármű/év,
- nagy forgalmú vasútvonalakra, melyek évi forgalma legalább 30 000 szerelvény/év,
- nagy forgalmú repülőterekre, melyek évi forgalma legalább 50 000 művelet/év. (Kiss 2010)

2.4.1. A zajtérképezés célja

A stratégiai zajtérképet a következő célokra alkalmazzuk:

- általános műszaki-tervezési feladatokhoz szükséges zajtérkép készítésére
- területfejlesztési és rendezési tervek vizsgálati részéhez
- zajtól kiemelten védett, csendes területek kijelölése céljából
- 49/2002 EK irányelv szerinti stratégiai zajtérkép készítésére
- környezetvédelmi intézkedési és stratégiai tervek kidolgozása céljából
- létesítmények akusztikai méretezésére előzetes akusztikai tervfejezetek készítéséhez
- egyedi zajforrások környezeti, vagy belső téri terjedési modellezéséhez
- üzemi és közlekedési zajforrások zajvédelmi hatásterületének meghatározásához
- környezeti hatásvizsgálatok és közlekedésfejlesztési koncepciók tervfejezetéhez
- üzemben belüli terjedési viszonyok és zajos üzemrészek feltárásához
- műszaki zajcsökkentési megoldások várható hatásának akusztikai elemzéséhez (Fonor 2019)

2.5. IMMI 6.3

Az IMMI programrendszer egy zajeseményeket szimuláló, stratégiai zajtérképező szoftverrendszer. A program algoritmusok alapján működik, melyek kiszámítják a különböző hangforrásokból származó zajszintet, ilyen hangforrások lehetnek: közúti járművek, vasúti szakaszok, ipari létesítmények vagy repülési sávok. A program a zajra előírt kezelési szabványok alapján működik és számol.

A szoftverprogram nemcsak a közúti és vasúti forgalomra, illetve az ipari és a repülőgépek zajának számítására szolgál megoldást, hanem a programmal lehetőség adódik előrejelzéseket, stratégiai tervezéseket végezni. (IMMI 6.3 kézikönyv)

2.6. Székelyudvarhely bemutatása

Székelyudvarhely, románul Odorheiu Secuiesc egy megyei jogú város Hargita Megyében, Romániában. Lakossága 31 335 fő, mellyel a megye második legnépesebb városa Csíkszereda

után. A város, mely az Udvarhelyi medence egyik legkorábbi városa egyben a székelység hagyományait évszázadok óta őrző székhely.

Bár bizonyos írások szerint, a város már korábban is létezett, de 1333-ban említették először hivatalosan „Uduorhel” néven egy pápai tizedjegyzékben.

1910-ben a Székelyudvarhely lakossága 10 244 fő volt. 1992-ben a város elérte a lakossága csúcsát, akkor ugyanis 39 959 lakosból állt, azóta viszont folyamatosan csökkenő tendenciát mutat, 1996-ban 39 484 lakosa volt, 2002-ben 36 926 fő, 2011-ben 34 257 fő míg 2021-es adatok szerint a város lakossága 31 335 fő volt.

A város körülbelül 45 utcából áll, viszont ez a szám a folyamatos fejlesztés és bővítés miatt folyton változik. A városon áthalad a DN13A jelzésű országút, amely összeköti Szovátát és Csíkszeredát.

A forgalmat tekintve a legkorábbi rendelkezésre álló adatok szerint Székelyudvarhelyen 2008-ban 16 271 darab jármű volt bejegyezve az adóosztály adatai szerint. Ez a szám 2010-re 16 753-ra nőtt, ami 2,96 %-os növekedést jelentett, 2018-as adatok szerint pedig, a bejegyzett autók száma 18 405 volt, ami 9,86 %-kal nagyobb a 2010-es adatokhoz képest. 2020-as adatok szerint pedig a város autóinak száma meghaladta a 20 300 bejegyzett személygépjárművet is. Ezekkel a számokkal a város a legtöbb bejegyzett autóval rendelkezik a megyében, maga mögé utasítva a megyeszékhely Csíkszeredát is. A nagyszámú autóállomány jóval meghaladja a város infrastruktúrájának elbíró képességét. A parkolóhelyek száma korlátozott és jóval kevesebb van, mint amennyire szükség lenne, illetve a város szűk utcái sem igazán bírják a napi szinten túlszűfolt forgalmat. (www.udvarhely.ro)

2022-es adatok szerint Székelyudvarhelyen 497 hivatalos parkolóhely volt szamon tartva, mely után a város parkolójegyekből származó éves bevétele 919 804.00 RON volt, mely összeggel a város második helyen áll az ország kis városainak parkolódíjból származó jövedelem listáján. Az egy parkolóhelyre eső bevétel tehát a fenti adatok alapján 1 850.71 RON, ezzel az összeggel pedig listavezető az országban az egy parkolóhelyre eső bevétel alapján. (Inventarul parărilor publice din România. Ediția a III-a. 2022)

4. Táblázat: Legnagyobb bevételek/parkolóhelyek Romániában 2022-ben (Forrás: Inventarul parărilor publice din România. Ediția a III-a. 2022)

Sorszám	Helység	Parkolási bevételek (RON)	Parkolóhelyek száma (db)	Bevételek/parkolóhely (RON)
1	Székelyudvarhely	919804	497	1,850.71
2	Ploiești	3057889.14	2535	1,206.27
3	Rovinari	88977	80	1,112.21
4	Slănic	226799	262	865.65
5	Bukarest	19213321	22572	851.20
6	Galac	3816712.94	4800	795.15
7	Nagyvárad	21190333	27500	770.56
8	Nagydisznód	35000	58	603.45
9	Barcarozsnyó	808568	1512	534.77
10	Predeál	1 657519	1362	482.76
Összesen		68,755,434.18	882469	77.91

3. KUTATÁS MÓDSZERTANA

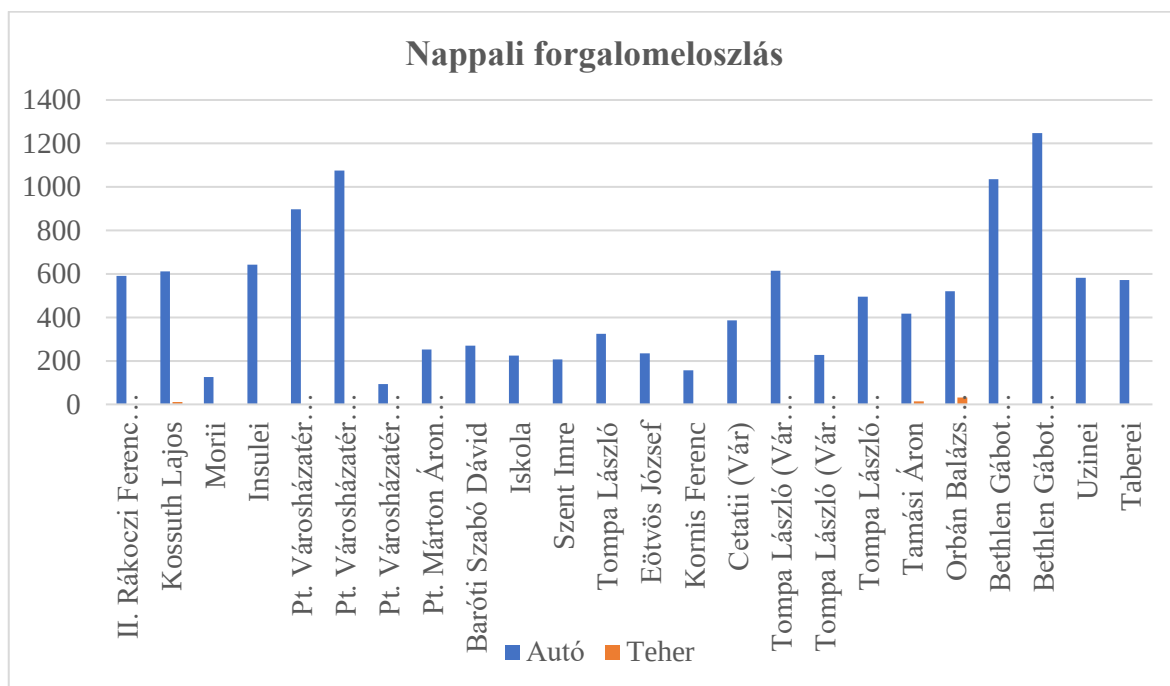
3.1. A forgalom felmérése

A térképhez szükséges adatokat méréssel gyűjtöttük be, mely abból állt, hogy megszámoltuk, hogy egy óra alatt hány gépjármű halad el bizonyos utcákon. A mérés helyszíne Székelyudvarhely központi régiójának 1x1 km²-es területe volt, ahol 23 helyszínen mértünk három napszakban. A mérés két hetet tartott 2023.09.04.-19. között.

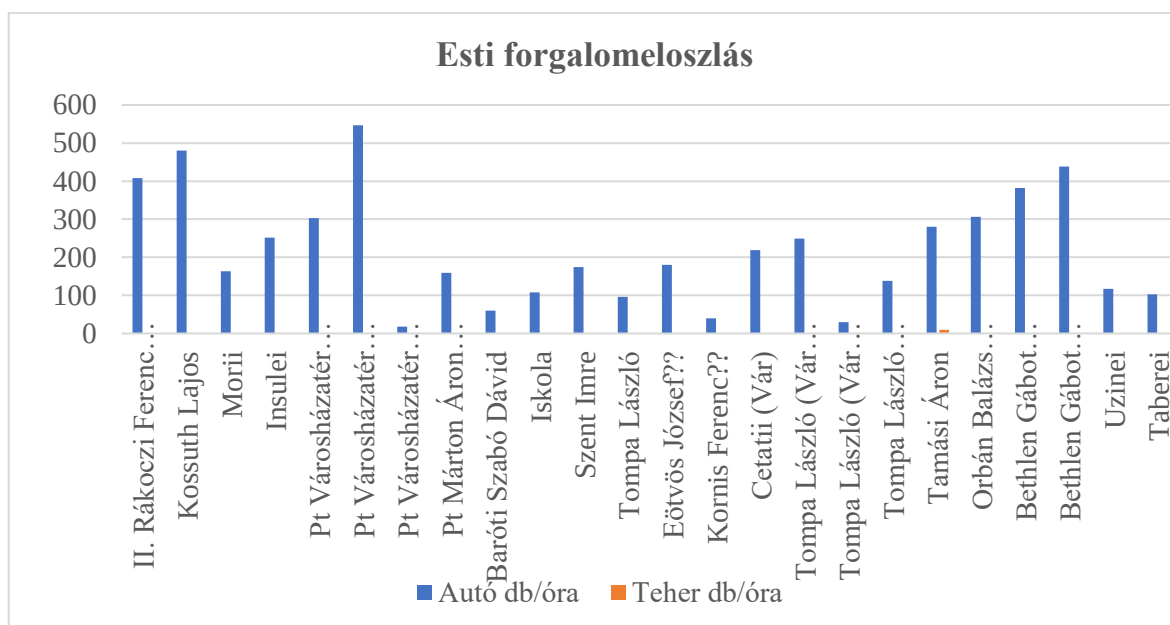
5. Táblázat: Forgalmi mérések

Utca	Nappali		Esti		Éjszakai	
	Autó db/óra	Teher db/óra	Autó db/óra	Teher db/óra	Autó db/óra	Teher db/óra
II. Rákoczi Ferenc (Koss alatt)	591	0	408	0	51	0
Kossuth Lajos	611	11	480	0	66	0
Morii	126	0	163	0	12	0
Insulei	642	0	252	0	40	0
Pt. Városházatér (hotel körf-nál)	897	0	303	0	34	0
Pt. Városházatér (Patkóig)	1076	0	547	0	67	0
Pt. Városházatér (Tanácsnál)	93	0	18	0	1	0
Pt. Márton Áron (patkó)	252	0	159	0	3	0
Baróti Szabó Dávid	270	0	60	0	1	0
Iskola	225	0	108	0	2	0
Szent Imre	207	0	174	0	24	0
Tompa László	325	0	96	0	24	0
Eötvös József	235	0	180	0	17	0
Kornis Ferenc	157	0	40	0	27	0
Cetatii (Vár)	387	0	219	0	9	0
Tompa László (Vár u. eltérőig)	615	0	249	0	9	0
Tompa László (Vár u. eltérőtől)	228	0	30	0	0	0
Tompa László (VillanT-ből)	495	0	138	0	51	0
Tamási Áron	418	14	280	10	42	1
Orbán Balázs (Háromszögig)	521	32	306	1	50	2
Bethlen Gábot (korházig központtól)	1035	0	382	0	76	0
Bethlen Gábot (korháztól Fenyéd fele)	1248	0	438	0	87	0
Uzinei	582	0	117	0	30	0
Taberei	572	0	103	0	36	0

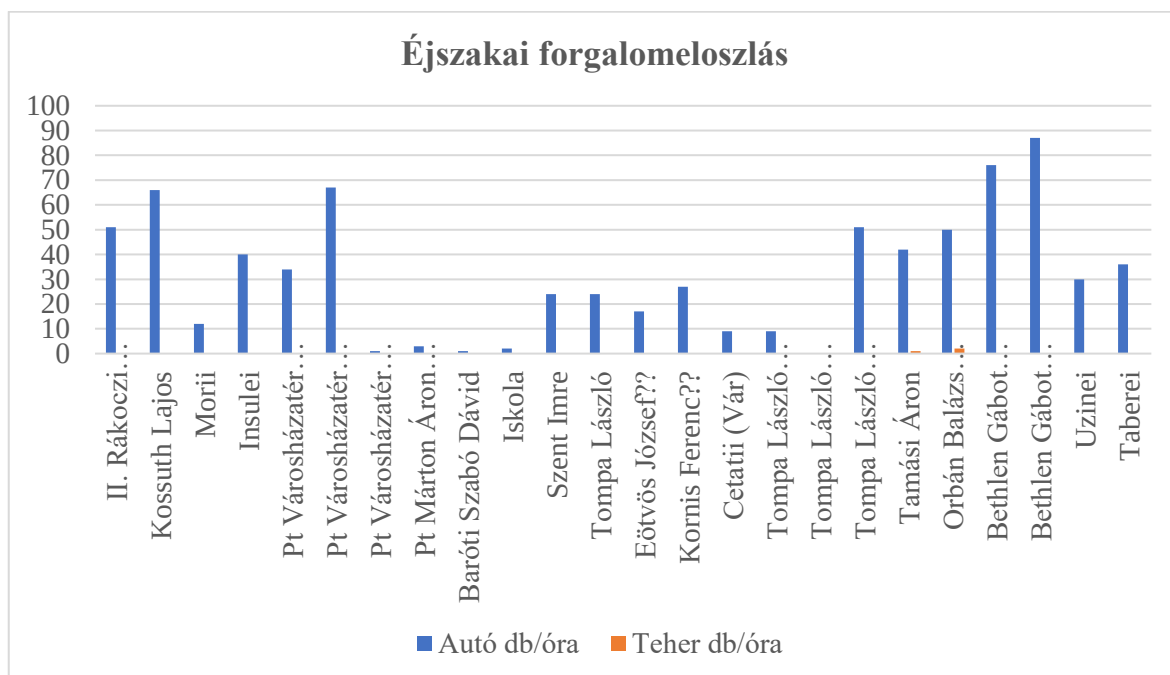
Az Európai Parlament és Tanács 2002/49/EK irányelve szerint a stratégiai zajtérképhez napi három napszakban szükséges mérni, nappal (07:00-19:00 között), este (19:00-23:00 között), és éjszaka (23:00-07:00 között) továbbá külön kell számolni a személygépjárműveket és a tehergépjárműveket.



4.Ábra: Nappali forgalomeloszlás



5.Ábra: Esti forgalomeloszlás



6.Ábra: Éjszakai forgalomeloszlás

A fenti diagramok remekül szemléltetik Székelyudvarhely központjának forgalmi eloszlását a három napszakra és utcákra lebontva. Jól látható, hogy a fő útvonalon, mely áthalad a központon (Városházatér, illetve Bethlen Gábor utca) a forgalom meghaladja az óránkénti ezer járművet is.

3.2. A térkép elkészítése

A zajtérkép elkészítéséhez először is szükség van egy meglévő domborzati háttérképre, mely segítségével majd a programban digitalizálni tudtuk az épületeket és az utcákat. Az alap háttérképet a Google Earth-ből mentettük ki. Az általunk feldolgozott terület 1 km²-es központi övezete Székelyudvarhelynek, mely sarkainak koordinátái a következők:

ÉNy- 46°18'35"N 25°17'14"E

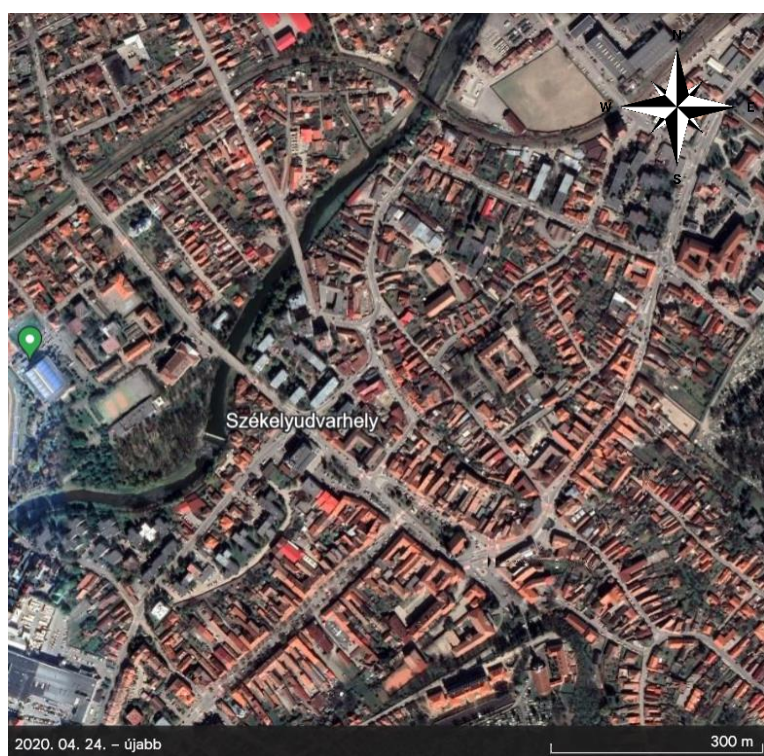
ÉK- 46°18'36"N 25°18'02"E

DK- 46°18'05"N 25°18'00"E

DNy- 46°18'04"N 25°17'14"E



7. *Ábra*: Székelyudvarhely térképe, rajta bejelölve a vizsgált térség. (forrás: Google Earth)



8. *Ábra*: Székelyudvarhely központi része, a vizsgált térség. (forrás: Google Earth)

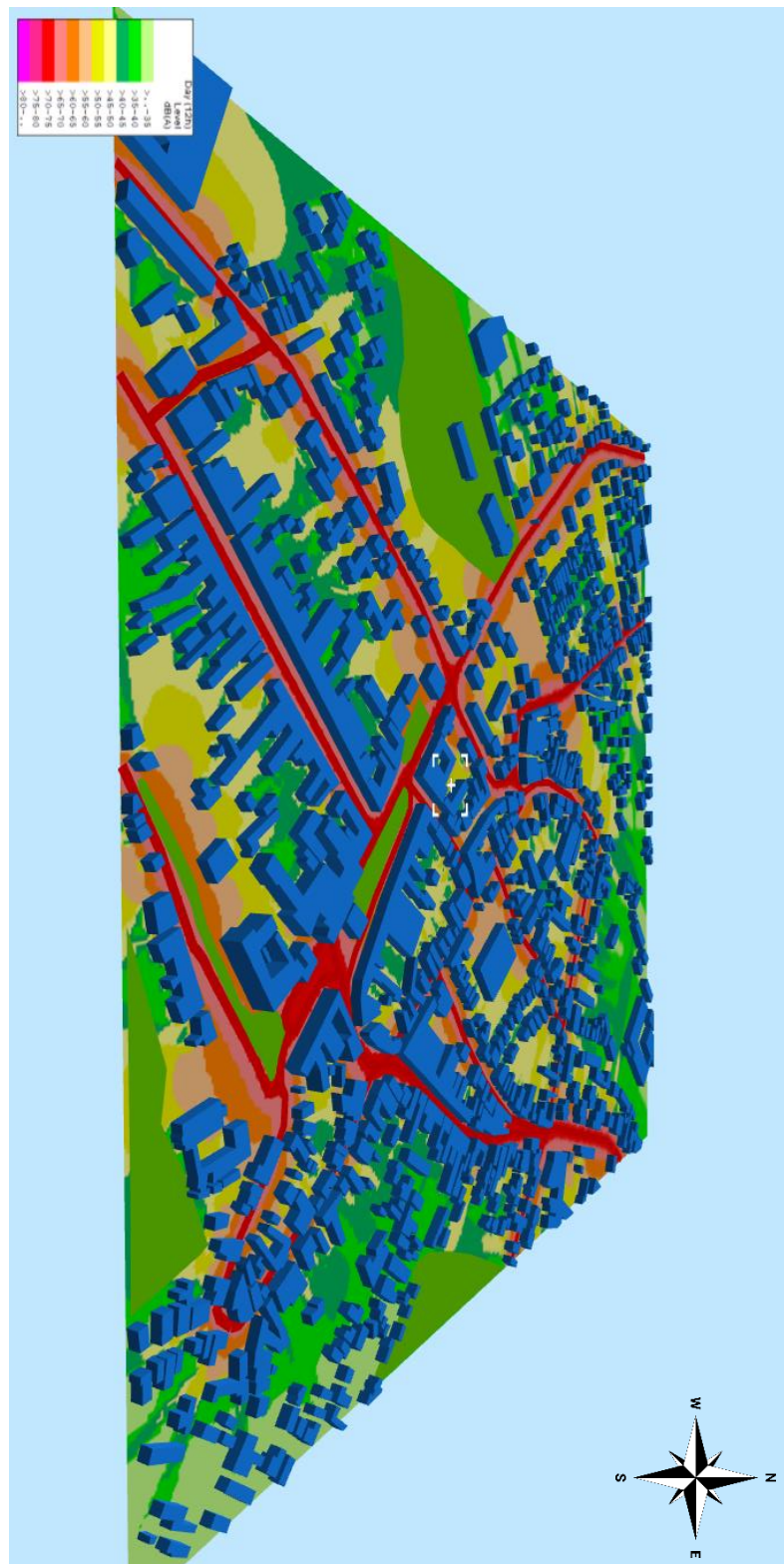
A stratégiai zajtérképet és a digitális alaptérképet az IMMI 6.3 nevű programmal készítettük el az Európai Parlament és a Tanács 2002/49/EK irányelve alapján, L_{DEN} és L_N mutatókra.

A programban berajzoltuk az épületeket és megadtuk azok magasságát, majd az utcákat is berajzoltuk és megadtuk a sebességkorlátokat, az útburkolat típusát, valamint az óránkénti forgalmat három napszakra.

A számítási szabványok szerint a zajszintet 4 m magasságban számoltuk, illetve a számításához 5x5 m-es rácshálót használtunk.



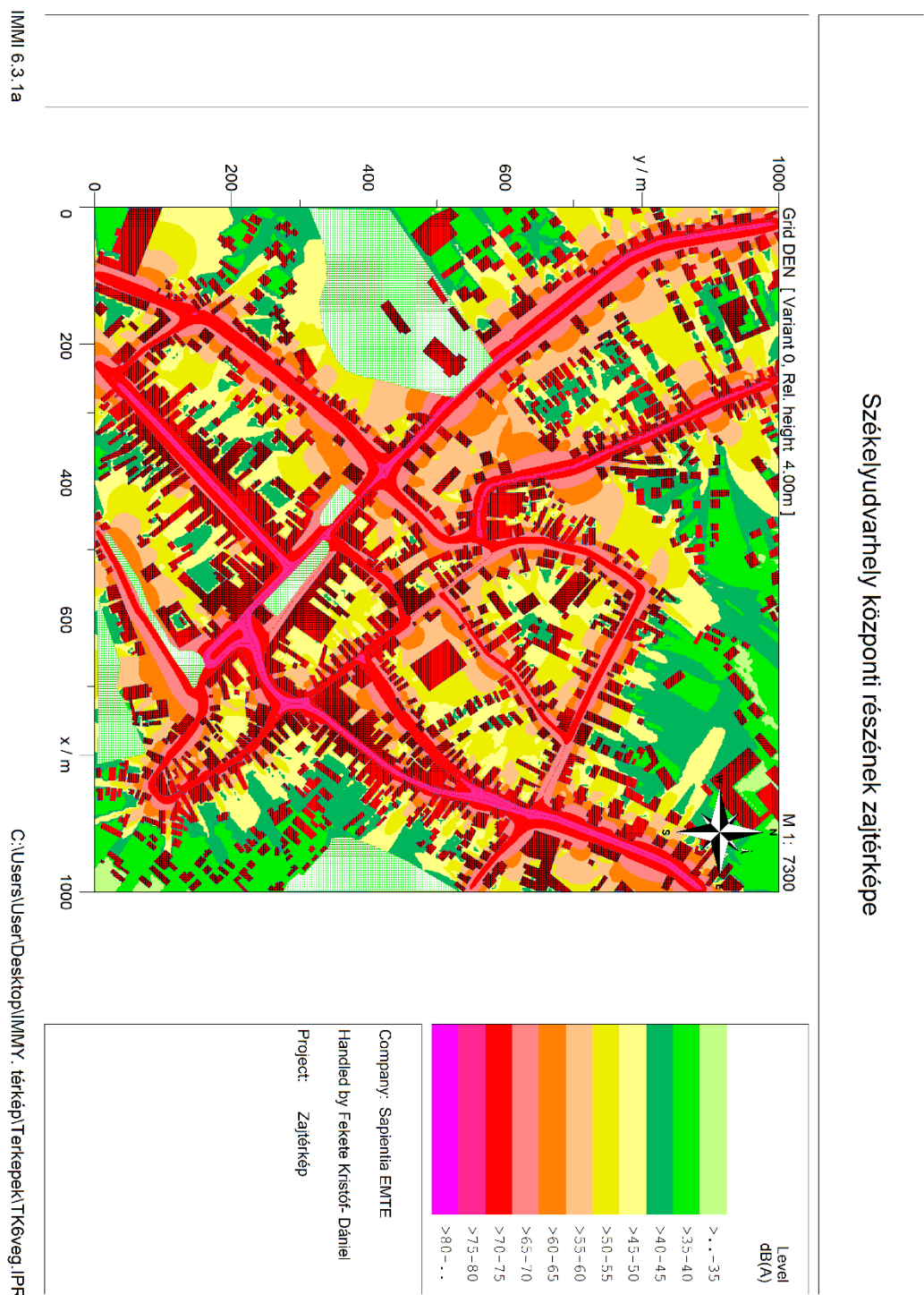
9. Ábra: Székelyudvarhely központi részének digitalizált alaptérképe



10. Ábra: Székelyudvarhely központi részének a program által generált háromdimenziós képe

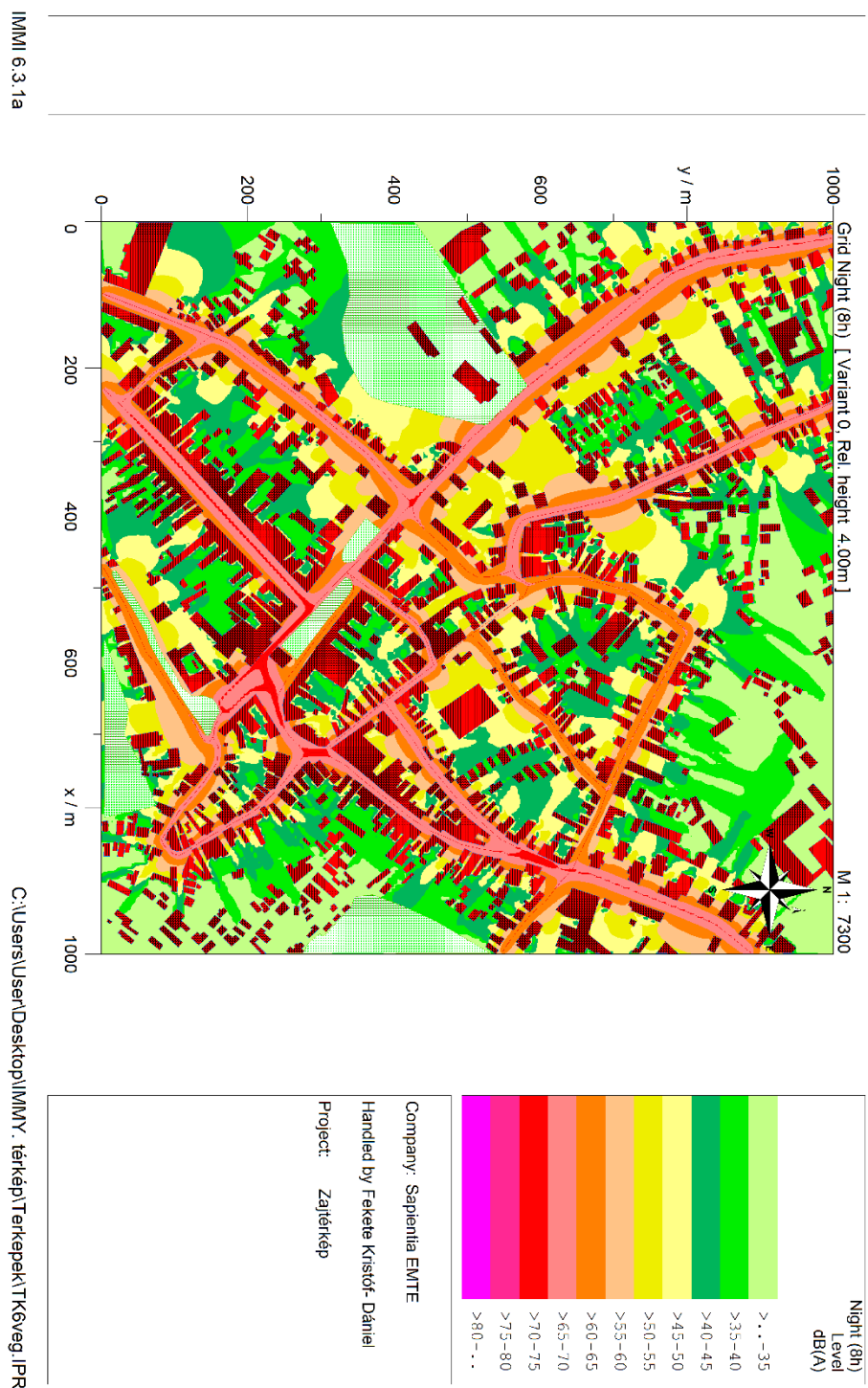
4. KUTATÁSI EREDMÉNYEK

4.1. Térképek



11. Ábra: Székelyudvarhely központi részének zajtérképe az L_{DEN} zajmutatóra

Székeljudvarhely központi részének zajtérképe



12. Ábra: Székelyudvarhely központi részének zajtérképe az L_N zajmutatóra

4.2. Kiértékelés

Az előbbi két térkép, nagyon jól szemléltetik a város központi részének a zajszennyezését. Különböző színek segítségével van jelölve az adott rész zajszintje és ezek a színek egy intervallumot jelölnek dB-ben, így a határértékeket tudva könnyen azonosíthatók a problémás helyek.

Az L_{DEN} mutatóra Romániában a határérték 70 dB, tehát, a térképen a piros, ciklámen, illetve a lila színnel jelölt helyszínek meghaladják a határértékeket és jelentős szennyezésnek vannak kitéve. Az L_N esetében a határérték 60 dB, vagyis itt már az előbbieket mellett a rózsaszín és a narancssárga színnel jelölt helyek is a problémás helyszínek közé tartoznak.

Az alábbiakban számszerűsítésre kerülnek azok az épületek, melyek határérték feletti zajterhelésnek vannak kitéve:

6. Táblázat: Határérték feletti zajjal szennyezett épületek száma L_{DEN} mutatóra

Zajszint tartományok dB	Érintett lakóépületek	Oktatási intézmény	Kórház
70-75	178	5	1
75-80	18	1	0
>80	0	0	0
Összesen:	196	6	1

A fenti táblázatból kiderül, hogy Székelyudvarhely vizsgált részén, L_{DEN} mutató alapján összesen 203 épület van kitéve 70 dB-es határérték feletti zajszennyezésnek, ebből a határértéket 5 dB-el meghaladott tartományban (70-75 dB) van 178 lakóépület, 5 oktatási intézmény és 1 kórház, illetve a határértéket 10 dB-el meghaladott tartományban (85-80 dB) van 18 lakóház és 1 oktatási intézmény. 80 dB feletti tartományban nincsenek épületek.

7. Táblázat: Határérték feletti zajjal szennyezett épületek száma L_N mutatóra

Zajszint tartományok dB	Érintett lakóépületek	Oktatási intézmény	Kórház
60-65	156	1	3
65-70	172	4	0
70-75	0	0	0
75-80	0	0	0
>80	0	0	0
Összesen:	328	5	3

Az L_N mutató esetében még durvább a helyzet, mint az előbbi esetben, ugyanis itt 336 olyan épület van, mely a 60 dB-es határértéket, meghaladó területen helyezkedik el, ebből a határértéket 5 dB-el meghaladott tartományban (60-65 dB) van 156 lakóépület, 3 kórház és 1 oktatási intézmény, továbbá a határértéket 10 dB-el meghaladott tartományban (65-70 dB) van 172 lakóház és 4 oktatási intézmény, viszont fontos megjegyezni azt, hogy ebben az esetben, az L_N mutatónál az oktatási intézmények nincsenek kitéve terhelésnek, ugyanis este nincs tanítás, tehát ilyenkor nem tartózkodnak személyek ezekben az épületekben. 70 dB feletti tartományban nincsenek épületek.

Megvizsgálva a két kiértékelési táblázatot, láthatjuk, hogy nagyon sok épület van a határértékek feletti zónákban, ezért mentesítési tevékenységekre lenne szükség.

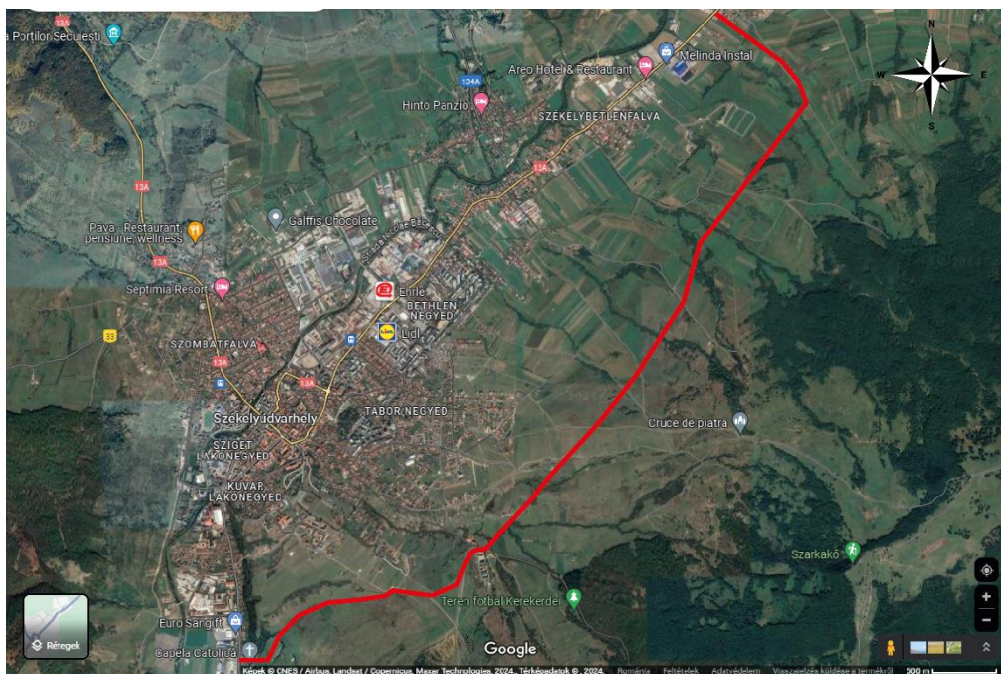
4.3. Zajcsökkentési megoldások

Amint a kiértékelőből kiderült, a város vizsgált része jelentős zajszennyezésnek van kitéve, mely szint meghaladja a határértéket mint a L_{DEN} mint az L_N mutató esetében ezért sürgős intézkedésekre és közbelépésre van szükség. Az alábbiakban felvázolunk néhány opciót, melyek bevezetése megoldást nyújtana a jelenlegi helyzet enyhítésére.

4.3.1. Terelőút

Első sorban, amint a 11. ábrán is látszik, a legforgalmasabb útszakasz a Bethlen Gábor utca, ugyanis ez az, amely keresztülhalad a városon, és összeköti Székelyudvarhelyt Csíkszeredával,

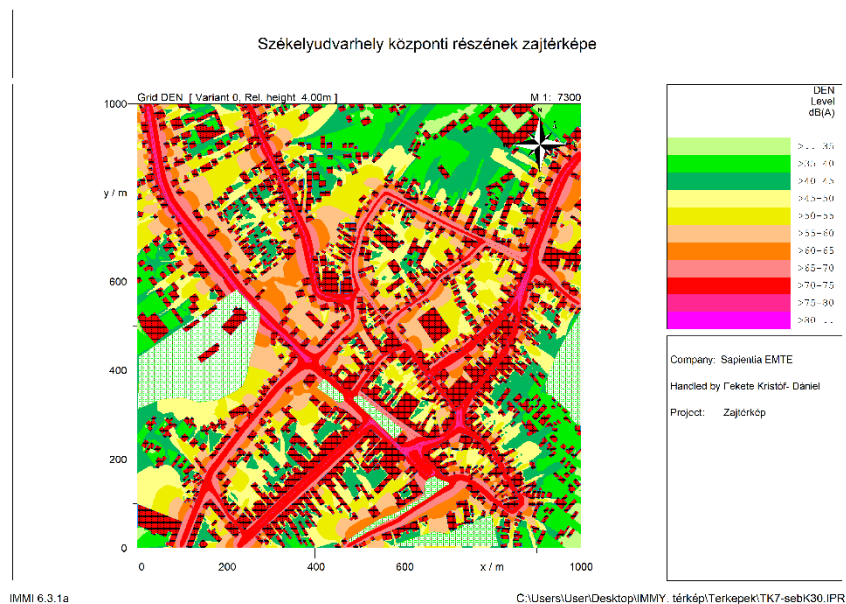
A terelőút egy 7,5 km-es szakasz lenne, a város melletti Kerekerdőnek nevezett erdő alatt. A város alsó, Keresztúri bejáratánál rá lehetne hajtani, és egészen a város felső végéig tartana, a Csíkszereda felőli kijáratig, így teljes mértékben kikerülné a várost.



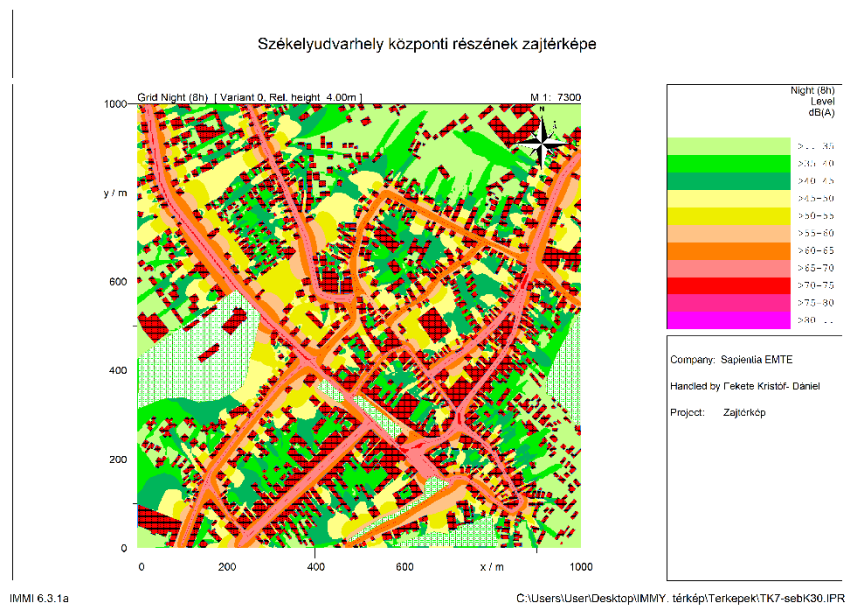
4.3.2. Sebességkorlátozás

31

véletlenszerű ellenőrzéseket végezzenek, hogy az új sebességhatárok ténylegesen be legyenek tartva. A sebességhatár csökkentése hatására a következőképpen alakulna a zajszint a városban:



14. Ábra: Székelyudvarhely központi részének zajtérképe az L_{DEN} zajmutatóra 30 km/h sebességhatár esetén



15. Ábra: Székelyudvarhely központi részének zajtérképe az L_N zajmutatóra 30 km/h sebességhatár esetén

Az előbbi térképeket megvizsgálva láthatjuk, hogy az L_{DEN} mutató esetében a sebességkorlát 30 km/h-ra csökkentés hatására 155 épület továbbra is a határérték feletti zónában lenne, ez tehát az jelenti, hogy 30%-os lenne a hatékonyság szintje a jelenlegi állapothoz viszonyítva, vagyis a jelenleg terhelt épületek 30%-a mentesülne. Az L_N mutató esetében pedig jelentős változás nem történne, a házak nagyrésze továbbra is kritikus zónában lenne, körülbelül az épületek 10%-a mentesülne, így tehát elmondható, hogy a sebességkorlátozás javítana a helyzeten, viszont nem ez a legoptimálisabb módszer.

4.3.3. Márton Áron tér lezárása

A Márton Áron téren keletkező zaj 10 dB-el meghaladja a határértékeket, ennek az oka első sorban a nagyon nagy számú autóforgalom, másrészt pedig az útburkolat minősége, ugyanis az utca macskakővel van lerakva. Ebben a térségben három oktatási intézmény is ki van téve a határérték feletti zajszennyezésnek, ezért ezt az utcát sürgősen el kellene zárni a forgalom elől.

4.3.4. Tömegközlekedés

Egy alternatív megoldás lenne a tömegközlekedés feljavítása a városban. Jelenleg a város nem rendelkezik egy komplex, átfogó autóbusz hálózattal, csupán néhány járat van, hiányos menetrenddel, és csupán a város kis részét fedik le, így mindenki inkább autóval jár, amit a város forgalma meg is érez.

Szükséges lenne kialakítani, egy olyan hálózatot, mely lefedi a város minden jelentős részét, egy olyat, mely minden negyedre bejár és minden oktatási, illetve közintézményt érint.

Továbbá a tömegközlekedés népszerűsítése érdekében a diákok kaphatnának kedvezményes bérleteket, ezáltal is arra készítetve őket, hogy ezt az utazási formát válasszák. Másrészt, pedig be lehetne vezetni egy Kolozsváron már működő „Zöld péntek” kezdeményezést, miszerint, pénteken ingyenesek lenne a tömegközlekedés.

4.3.5. Bicikliutak

További alternatív megoldásként szolgálna a bicikliutak feljavítása, illetve a kerékpározás népszerűsítése. Ennek érdekében szükséges lenne a jelenlegi biciklisávokat jól láthatóvá és kijelöltté tenni. Másrészt pedig, a népszerűsítés érdekében, az iskolákban lehetne tartani képzéseket, mely által, helyi vagy állami rendőrök mutatnák be a helyes és biztonságos biciklis közlekedést.

4.3.6. Egyéb alternatívák

Az imént felsorolt zajcsökkentési megoldások mellett a zajszint csökkentését segítő elő az útburkolatok javítása és folyamatos karbantartása, ezáltal a közlekedéskor kisebb gurulási zaj keletkezne. Továbbá az épületek szigetelése, illetve termopán nyílászárók beszerelése megfékezne az utcákon keletkező zaj beltérbe jutását.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatásból kiderült, hogy a vizsgált város központi részének zajterhelése nagyon magas, a zsúfolt forgalom eredményeként az utak melletti házak mind határérték feletti zajszennyezésnek vannak kitéve, ezt a városvezetés nem hagyhatja figyelmen kívül, előtérbe kellene helyeznie ezt a problémát, és mielőbb szükséges intézkedéseket hozni a megfékezése érdekében.

A problémás övezetben az L_{DEN} mutatóra 203 érintett épület van, amiből 6 oktatási intézmény és 1 kórház, illetve körülbelül 2100 lakos van kitéve a mindennapi zajszennyezésnek. Az L_N mutató alapján még rosszabb a helyzet, 336 épület van a kritikus zónában, amiből 3 kórház, 5 oktatási intézmény (ez azonban nem számít érintettségnek, mivel éjszaka nincsen oktatás). Ez alapján kb. 3400 lakost érint az éjszakai határérték feletti zajterhelés.

A mentesítési javaslatok közül a legoptimálisabb megoldás az elkerülőút építése lenne, mely nagy mértékben könnyítene a város központi részének a forgalmán, ezáltal jelentősen hozzájárulna a jelenlegi zajszint csökkentéséhez. További lehetőség lenne a sebességkorlátozás, a bicikliút, illetve a tömegközlekedés feljavítása és népszerűsítése, egyéb alternatív megoldások pedig a Márton Áron tér lezárása, az útburkolat minőségének a javítása, illetve a házak szigetelése.

6. FORRÁSOK

6.1 Felhasznált szakirodalom

2002/49/EK irányelv a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről. (2002)

Bányai, K. 2022. *A zaj és rezgés elleni védelem jogi szabályozása*. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc.

Carlos, I. M., Luis, D.B. 2013. *Noise pollution mapping approach and accuracy on landscape scales*. Science of The Total Environment Volume 449. pp:115-125

Domokos, E., Horváth, B. 2011. *Zaj és rezgésvédelem. Környezetmérnöki Tudástár*, 13. kötet

Enda, M., Eoin, A. K. 2022. *Environmental Noise Pollution*. Elsevier Inc

Hans, S. 2019. *Noise pollution*. Current Biology 29,

IMMI 6.3 szoftvercsomag referencia-kézikönyve. 2009.

Inventarul parcărilor publice din România. Ediția a III-a. 2022

Kiss, Á., Tasnádi, P. 2012. *Környezetfizika. Környezettudományi alapok tankönyvsorozat*

Kiss, N. 2010. *A stratégiai zajterképezés hazai tapasztalatai*. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Környezettudomány szak, Budapest.

Kováts, A. 2004. *Zaj és rezgésvédelem*. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém.

Pálffy, M. 2016. *A közlekedési zaj figyelembevételének szabályai, számítása és a zaj csillapításának módjai. Közúti közlekedési zaj*, Budapest.

WHO. 2009. Night noise guidelines for Europe.

6.2 Felhasznált internetes oldalak

Fonor (2019). Környezeti zajmodellezés. <https://www.fonor.hu/szolgaltatas/kornyezeti-zajmodellezes> Letöltve: 2024.04.13.

Legea nr. 121/2019 privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiant. *Parlamentul României*
- *Lege nr. 121/2019 din 03 iulie 2019*

<https://szekelyhon.ro/aktualis/hany-auto-is-van-pontosan-a-szekelyfoldi-varosokban-n-utanajartunk>

<https://www.udvarhely.ro/>

„Saját eredmények” kiegészítés

Tudományos kérdés: Milyen Székelyudvarhely központi részének forgalmi zajszennyezési színtje?

Mivel hogy korábban nem voltak hasonló kutatások a vizsgált térségben, illetve a szakirodalomban sincs semmi féle adat a városra, így a kutatás során teljes mértékben saját magam által begyűjtött adatokból dolgoztam.

Alkalmazott módszerek:

Forgalmi adatok begyűjtése: három napszakban, napközben (07:00-19:00), este (19:00-23:00), és éjszaka (23:00-07:00), egy-egy órás forgalomszámlálás a város 32 pontján.

A térkép elkészítéséhez az IMMi 6.3 nevű programot használtam.

Alaptérkép megrajzolása: egy Google Earth kép alapján megrajoltam a programban a térképet. Berajoltam a házakat és az utcákat, majd felvittem a programba további adatokat: útburkolat minősége, utcák sebességkorlátozása, utcák forgalma (három napszakra), házak magassága.

Az irányelvek szerint lefuttattam a programot, a számításokat 4 méter magasságban, 5x5 méteres rácshálót használva számolta ki a program.

Az elkészült térképeket megvizsgáltam és összesítettem az érintett lakóépületeket. Az LDEN (napi átlagos) mutató alapján 196 lakóépület, 6 oktatási intézmény és 1 kórház van kitéve a határértéken felüli zajszennyezésnek. Az LN (éjszakai) mutató esetében 328 lakóépület, 5 oktatási intézmény és 3 kórház, van kritikus zónában.

Az eredményeket megvizsgálva mentesítési javaslatokat fogalmaztam meg a jelenlegi szennyezés csökkentése érdekében. Újra elkészítettem a város zajtérképét többek között azt vizsgálva, hogy hogy változna a zajszint, ha a jelenlegi sebességkorlát 30 km/h sebességre lenne csökkentve. Ennek eredményeként az LDEN mutató esetében 30%-os mentesülés lenne, míg az LN esetében csupán 10%.