

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
SOPRON**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

PhD 65

BOGDÁN OLIVÉR

2005

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
SOPRON**

**Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola
*K1 Környezetpotenciál elemzés alprogram***

TÉRINFORMATIKA AZ IPARI KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

**A TÉRINFORMATIKA SZEREPE A KÖRNYEZETI
HATÁSVIZSGÁLATOK TOVÁBBFEJLESZTÉSÉBEN**

Doktori (PhD) értekezés

PhD 65

Készítette: Bogdán Olivér

Tudományos vezető: Prof. Dr. Márkus Béla

2005

**TÉRINFORMATIKA AZ IPARI KÖRNYEZETVÉDELEMBEN
A TÉRINFORMATIKA SZEREPE A KÖRNYEZETI HATÁSVIZSGÁLATOK
TOVÁBBFEJLESZTÉSÉBEN**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében,
a Nyugat-Magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskolája,
K1 Környezetpotenciál elemzés programjához tartozóan.

Írta:
Bogdán Olivér

Témavezető: Prof. Dr. Márkus Béla

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton %-ot ért el,

Sopron,

.....

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....%-ot ért el

Sopron,

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

1.	Bevezetés.....	6
1.1.	A téma aktualitása	6
1.2.	A kutatás célkitűzései.....	6
2.	Térinformatikai döntéstámogatás	8
2.1.	A környezeti hatásvizsgálatok jogszabályi alapjai.....	8
2.2.	A döntéstámogatás térinformatikai eszközei.....	10
2.2.1.	<i>A térinformációs rendszerek alkalmazásának lehetőségei</i>	10
2.2.2.	<i>A térinformációs rendszerek alkalmazási szintjei</i>	11
2.2.3.	<i>Raszter – vektor modellek</i>	11
2.2.4.	<i>Térbeli elemzések</i>	12
2.2.5.	<i>Szoftverek</i>	13
2.3.	Döntési alapfogalmak, a döntés folyamata	14
2.4.	A döntések osztályozása térinformatikai szempontból	14
2.4.1.	<i>Hibák</i>	14
2.4.2.	<i>Döntési alapesetek</i>	16
2.5.	A kutatási terület előzményeinek áttekintése	20
3.	A környezeti elemek és a szennyezőanyagok transzportfolyamatai	26
3.1.	A vizsgált környezeti tényezők ismertetése	26
3.2.	A szennyezőanyagok transzportfolyamatai.....	27
3.2.1.	<i>Levegő</i>	27
3.2.1.1.	<i>A levegőszennyezés matematikai modellezése</i>	27
3.2.1.2.	<i>A terjedés modellezése</i>	28
3.2.2.	<i>Zaj</i>	34
3.2.2.1.	<i>A zajterhelés modellezése</i>	35
3.2.2.2.	<i>A zajterhelés mérése</i>	37
3.2.3.	<i>Feszíni-, felszín alatti víz és a talaj vizsgálata</i>	37
3.2.3.1.	<i>A hidrodinamikai és transzportmodellezés</i>	37
3.2.3.2.	<i>A víz porózus közegbeli mozgásának törvényszerűségei</i>	37
4.	A környezeti hatásvizsgálatok továbbfejlesztése	45
4.1.	Az IMPACT II értékelő rendszer kialakítása.....	45
4.1.1.	<i>A szennyezőanyag veszélyessége</i>	46
4.1.2.	<i>A szennyezőanyag koncentrációtól függő faktora</i>	50
4.1.3.	<i>Az IMPACT II index pontértéke</i>	52
4.1.4.	<i>Az IMPACT II tényezők besorolása és az értékek ábrázolása</i>	53
4.1.5.	<i>Az IMPACT II (I^II) index meghatározásának módszertana</i>	54
4.1.6.	<i>Az adatok és az értékelő rendszer megbízhatóságának vizsgálati lehetősége</i> ..	67
4.1.7.	<i>Az IMPACT II értékelési módszer összefoglalása</i>	71
4.2.	Az IMPACT II értékelő rendszer alkalmazása konkrét esettanulmányon	73
4.2.1.	<i>Az esettanulmány tárgyának bemutatása</i>	73
4.2.2.	<i>Levegő</i>	74
4.2.3.	<i>Felszíni víz</i>	79

4.2.4.	<i>Zaj</i>	80
4.2.5.	<i>Felszín alatti víz</i>	83
4.2.6.	<i>Talaj</i>	83
4.2.7.	<i>Egyéb tényezők</i>	83
4.2.8.	<i>A Linde Gáz Magyarország Rt IMPACT II indexe</i>	83
4.2.9.	<i>A Linde Gáz Magyarország Rt IMPACT II index értékelése</i>	84
4.3.	Több céllal és több kritériummal rendelkező döntési eljárás	85
4.3.1.	<i>A döntési cél elérése a tervezett üzem környezeti hatásainak vizsgálatával</i>	86
4.3.2.	<i>A döntési cél elérése a Linde Gáz Magyarország környezeti hatásainak vizsgálatával</i>	87
4.3.3.	<i>A döntési célok elérései módszerének összefoglalása</i>	89
4.4.	Az információ elemzése a Fuzzy-logika elvén	90
4.4.1.	<i>A Fuzzy-logika alapjai</i>	90
4.4.2.	<i>A Fuzzy-logika műveletei</i>	92
4.4.3.	<i>A Fuzzy-logika alkalmazása</i>	93
4.4.4.	<i>A Fuzzy-logika alkalmazása a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyére</i>	95
4.4.5.	<i>A Fuzzy-logika megbízhatósága</i>	95
4.4.6.	<i>A Fuzzy-alkalmazások összefoglalása</i>	97
4.5.	AZ IMPACT II index és a Fuzzy-logika összehasonlítása	99
4.5.1.	<i>Az IMPACT II módszer és a Fuzzy-logika eredményeinek összehasonlítása a tervezett üzem példáján keresztül</i>	100
4.5.2.	<i>Az IMPACT II módszer és a Fuzzy-logika eredményeinek összehasonlítása a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyén</i>	101
4.5.3.	<i>Az IMPACT II módszer és a Fuzzy-logika osztályba sorolásának összehasonlítása</i>	102
4.5.4.	<i>A különbségek értékelése</i>	104
5.	A kutatás eredményeinek összefoglalása	105
	Köszönetnyilvánítás	113
	A kutatás témakörében készített publikációk jegyzéke	114
	Irodalomjegyzék	116

1. Bevezetés

1.1. A téma aktualitása

A XXI. század az információs társadalom kezdete, ahol mindennap lényeges és lényegtelen adatok hatalmas mennyisége jut el hozzánk (elég, ha a műholdakra vagy az automatikus érzékelőkre, az internetes információs portálok bővülő számára gondolunk). Ezzel ellentétben az adatok feldolgozására jutó idő folyamatosan csökken, így nagy a döntéshozók túlterheltsége. A döntéshozóknak, egy döntési szituációban, a nagy mennyiségű lényeges és lényegtelen adatból kell kiválasztani a számukra fontosat, előállítani információkat, és ezek ismeretében kell határozniuk. Ez csak úgy lehetséges, ha az adatokat előzetesen előkészítik, feldolgozzák, elemzik, az eredményeket összefoglalják, amelyhez a térinformatika hasznos, sőt esetenként elengedhetetlen segítséget nyújt. Az elkészített, algoritmusok által feldolgozott adatok integrálhatók, a földrajzi folyamatok modellezhetőek.

A számítógépes alkalmazások speciális esetei a térinformatikai rendszerek (GIS), amelyek a korszerű információtechnológia új eredményeit használják fel. Segítségükkel a helyzeti és leíró adatok egy rendszerben szemlélhetőek, beleértve az alapadatokat vagy a különféle modellekből származó eredményeket. A GIS további előnye, hogy segíti a döntéshozást azzal is, hogy az adatokat vizuális formában tárja elénk - ezáltal a felfogási, értelmezési idő csökken, az adat a memóriánkban könnyebben és hosszabb ideig el is tárolódik, mintha csak puszta számsorokat, táblázatokat olvasnánk -, így segítve a döntéshozást.

Környezetünk védelmével és a növekvő ipari termeléssel kapcsolatban számos esetben merül fel annak az igénye, hogy a különböző tevékenységek környezetvédelmi hatásai nyomon követhetők és befolyásolhatók legyenek. Ennek érdekében olyan, a környezet védelmét előtérbe helyező irányítási rendszereket alkalmaznak a vállalatok (pl. ISO 14001 szerinti Környezet Irányítási Rendszer), amellyel döntéseiket részletesebb, komplexebb alapadatokra támaszkodva, a környezeti és társadalmi igényeknek megfelelően, az emberi érdekek figyelembevételével tudják meghozni. A környezeti hatások felmérésére ún. környezeti hatásvizsgálatokat és felülvizsgálatokat végeznek, amelyek részletes követelményeiről jogszabályok rendelkeznek.

A működő rendszerek, vizsgálatok elengedhetetlen feltétele, hogy a vizsgált területről minél részletesebb és élőntartott adatbázis álljon rendelkezésre, kezdve a fizikai-kémiai szennyező anyagok adataitól, a környezeti elemek tulajdonságaitól, a sérülékenységen keresztül a kockázati tényezőkhöz.

Mind a hazai, mind a külföldi törekvések egyre erőteljesebben arra irányulnak, hogy a lehetséges és kialakult környezeti károkozásokat, veszélyeztetéseket egyaránt minél pontosabban megállapítsák (környezetvédelmi kockázatelemzések), és annak ismeretében a beavatkozási pontokat meghatározhassák, a döntési szituációkat megkönnyítsék. A témában mind a külföldi, mind a hazai irodalom kiforratlan, jelenleg is rendkívül dinamikus fejlődés alatt áll.

1.2. A kutatás célkitűzései

A dolgozatom elkészítése során arra vállalkozom, hogy elemezzem a hatás- és felülvizsgálatok rendeleti háttérét, a térinformatika szerepét a hatásvizsgálatok,

környezetvédelmi veszélyfelmérések továbbfejlesztésében, elvi és valós esettanulmányokon keresztül.

A munkám célja egy olyan elemző, környezeti hatásértékelő rendszer kialakítása, amely elsősorban a műszaki és egészségügyi gázok gyártása során bekövetkező folyamatok modellezésével újszerű lehetőségeket nyit meg. Az elért eredmények elsősorban a gázipar számára hasznosíthatók, de könnyen alkalmazható más ipari területekre is, az adatgyűjtési és feldolgozási szabályok betartásával. A környezeti hatásértékelő rendszer a környezetirányítási rendszerekkel összevonható, ezáltal segítséget nyújt a felső vezetés részére abban, hogy milyen döntéseket szükséges hoznia, milyen beruházásokat szükséges eszközölnie, illetve milyen tevékenységet szükséges végrehajtania a környezetszennyezés csökkentése, megszüntetése érdekében, különösen havária események esetén, mind az ember, mind a természet érdekeit szem előtt tartva.

A dolgozat további céljai, azok részletezése:

- A környezeti szennyezések adatainak felhasználása térinformatikai rendszerben, a szennyezések térbeli lehatárolása, a térbeli információk a döntéshozó számára könnyen érthető megjelenítési formáinak vizsgálata.
- Értékelési szabályok kidolgozása a különböző környezeti elemekre.
- Döntéstámogató környezetvédelmi információs rendszerek koncepcionális elemzése.
- A környezeti elemek hatásvizsgálatának, értékelési eredményeinek térinformatikai feldolgozási lehetőségeinek kidolgozása.
- Egy esettanulmányra térinformatikai módszertant kialakítani, majd azt kiterjeszteni általános, és havária esetekre.
- A környezeti elemek változása esetén a rendszer dinamikájának vizsgálata.
- A Fuzzy-logika elvén alapuló algoritmus kidolgozása az információk megbízhatóságának elemzésére, a döntési folyamat megkönnyítése érdekében.
- A kialakított értékelőrendszer és a Fuzzy-logika felhasználásával kapott eredmények összehasonlítása, az eltérések kritikai elemzése.

A munka szerkezetileg három fő részre tagolódik. Az első részben áttekintem a környezeti hatásvizsgálatok rendeleti alapjait, a döntéstámogatás térinformatikai eszközeit, a döntések térinformatikai szempontból történő osztályozását.

Ezt követően bemutatom a módszertani szempontból legfontosabb hazai és külföldi kutatási előzményeket, áttekintem a döntéstámogatás térinformatikai módszereivel, a Fuzzy-logikával kapcsolatos legfontosabb kutatásokat.

A második rész a vizsgálat tárgyát képező környezeti elemek kiválasztását, a szennyezőanyag transzportfolyamatok modellezési lehetőségeinek bemutatását, majd az esettanulmány tárgyának meghatározását és kiválasztásának indoklását tartalmazza.

A dolgozat legfontosabb részében egy elvi és egy konkrét esettanulmányon keresztül a térinformatika környezeti hatásvizsgálati szerepét és döntéstámogató lehetőségeit, módszertanát mutatom be.

Ezt követően az elért tudományos eredményeket, azok hasznosítási lehetőségeit az összefoglalás ismerteti.

2. Térinformatikai döntéstámogatás

2.1. A környezeti hatásvizsgálatok jogszabályi alapjai

A környezetvédelmi hatás- és felülvizsgálat tárgyáról, alkalmazásáról a következő jogszabályok rendelkeznek:

- az 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól,
- a 12/1996. (VII. 4.) KTM rendelet a környezetvédelmi felülvizsgálat végzéséhez szükséges szakmai feltételekről és a feljogosítás módjáról, valamint a felülvizsgálat dokumentációjának tartalmi követelményeiről,
- a 20/2001. (II. 14.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálatról.

A környezetvédelem általános szabályait a 1995. évi LIII. Törvény rögzíti. Ennek értelmében az alapfogalmak a következők:

- *környezeti elem*: a föld, a levegő, a víz, az élővilág, valamint az ember által létrehozott épített (mesterséges) környezet, továbbá ezek összetevői;
- *környezet*: a környezeti elemek, azok rendszerei, folyamatai, szerkezete;
- *környezetterhelés*: valamely anyag vagy energia közvetlen vagy közvetett kibocsátása a környezetbe;
- *környezetszennyezés*: a környezet valamely elemének a kibocsátási határértéket meghaladó terhelése;
- *környezethasználat*: a környezetnek vagy valamely elemének igénybevételével, illetőleg terhelésével járó hatósági engedélyhez kötött tevékenység;
- *környezetveszélyeztetés*: az a tevékenység vagy mulasztás, amely környezetkárosítást idézhet elő;
- *környezetre gyakorolt hatás*: a környezetben környezetterhelés, illetőleg a környezet igénybevétele következtében bekövetkező változás;
- *hatásterület*: az a terület vagy térrész, ahol jogszabályban meghatározott mértékű környezetre gyakorolt hatás a környezethasználat során bekövetkezett vagy bekövetkezhet;
- *kibocsátási határérték*: a környezetnek vagy valamely elemének jogszabályban vagy hatósági határozatban meghatározott olyan mértékű terhelése, amely kizárja a környezetkárosítást;
- *szennyezettségi határérték*: a környezet valamely elemének olyan - jogszabályban meghatározott - mértékű szennyezettsége, amelynek meghaladása - a mindenkori tudományos ismeretek alapján - környezetkárosodást vagy egészségkárosodást idézhet elő;
- *környezetvédelem*: olyan tevékenységek és intézkedések összessége, amelyeknek célja a környezet veszélyeztetésének, károsításának, szennyezésének megelőzése, a kialakult károk mérséklése vagy megszüntetése, a károsító tevékenységet megelőző állapot helyreállítása;
- *környezeti tényező*: a környezeti elemek, azok rendszerei, folyamatai, szerkezete.

A Törvény II. fejezete (13-36. §) rendelkezik, az alábbiakban, felsorolt környezeti elemek védelméről, az elemeket veszélyeztető tényezőkről, szabályokról:

- a környezeti elemek egységes védelme,
- a föld védelme,
- a víz védelme,
- a levegő védelme,
- az élővilág védelme,
- veszélyes anyagok és technológiák,
- az épített környezet védelme,
- hulladékok,
- zaj és rezgés,
- sugárzások.

A környezeti elemek speciális szabályairól, a 110. § rendelkezései alapján különböző kormány és minisztériumi rendeletek szólnak. Az értékelő rendszer kialakítása során felhasznált rendeletek a környezeti elemnek megfelelő fejezetben említésre kerülnek.

A környezeti elemeket veszélyeztető, terhelő és szennyező hatások értékeléséről, vizsgálatáról a 66-77. § szól.

A környezeti hatásvizsgálat és felülvizsgálat kifejezések értelmezése az irodalomban nem egységes, ezért fontosnak tartom a fogalmak meghatározását, tisztázását.

Az egyes tevékenységek környezetre gyakorolt hatásának feltárására és megismerésére, valamint a környezetvédelmi követelményeknek való megfelelés ellenőrzésére alkalmas eljárás a környezetvédelmi felülvizsgálat. A környezetre jelentős hatást gyakorló beruházások, tevékenységek megkezdése előtt, amely tevékenységek listáját a 20/2001. (II. 14.), a környezeti hatásvizsgálatról szóló, Kormányrendelet 1. sz. melléklete tartalmazza, környezeti hatásvizsgálat elvégzése szükséges. Ez alapján előzetes, esetlegesen részletes hatásvizsgálatot szükséges végezni, melynek részletes tartalmi követelményeit szintén e rendelet írja elő. A melléklet tartalmazza azon jelentős tevékenységek listáját is, melyeknél a Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség dönt a hatásvizsgálat szükségességéről. Míg a felülvizsgálat esetén a konkrét tevékenységek konkrét kibocsátásai, szennyezései kerülnek bemutatásra, az előzetes vizsgálatok során csak a feltételezett (tervezési) adatokból származó kibocsátásokat lehet modellezni.

A környezetvédelmi felülvizsgálat részletes tartalmi követelményrendszerét a 12/1996. (VII. 4.) KTM rendelet 2. számú melléklete tartalmazza, amelynek fő fejezetei a következők:

- a jellemző levegőhasználatok és levegőterhelések,
- a jellemző vízhasználatok,
- a hulladékképződéssel járó technológiák és tevékenységek,
- a terület (talaj)-igénybevétel és a területhasználat megváltozásának adatai,
- zaj és rezgés,
- az élővilágra vonatkozó környezetterhelés és igénybevétel,
- rendkívüli események.

Az ismertetett környezeti elemek, tényezők hatásainak az értékelését végzem el a 4. pontban.

2.2. A döntéstámogatás térinformatikai eszközei

A földrajzi információs rendszer (Geographical Information System - GIS) hardver, szoftverek, adatbázisok és módszerek olyan rendszere, mely egységes rendszerbe integrálja a térbeli és leíró adatokat, ezáltal segíti a komplex tervezési és irányítási feladatok megoldására szolgáló térbeli adatok gyűjtését, kezelését, feldolgozását, elemzését, az információk megjelenítését, a földrajzi folyamatok megfigyelését, vizsgálatát és modellezését (Márkus 1994). A GIS előnye ott jelenik meg, amikor nagyszámú adatot kell feldolgozni, és az adatok bemutatásánál jelentős szerepe van a térbeli, földrajzi elhelyezkedésnek. Egyes források (pl. REMETÉY et al. 1993) megkülönböztetik a specializált földrajzi információs rendszereket (pl. térképkészítés, tematikus megjelenítés), valamint a sok szakterületet összefoglaló térinformációs rendszereket, bár gyakori ezek szinonim használata. Ebben a dolgozatban magam is ezt az elvet követem.

2.2.1. A térinformációs rendszerek alkalmazásának lehetőségei

A térinformációs rendszerek alkalmazásához két alapvető funkció határozható meg (Detrekői – Szabó 1995):

- térbeli elemzés elvégzése,
- vizuális információk kezelése.

A térbeli elemzés a helyhez kapcsolódó kérdések megválaszolását teszi lehetővé. Maquire (1991) szerint az alapvető kérdések a következők:

1. táblázat. A térbeli elemzés kérdései.

A kérdés jellege	A kérdés
Helyre vonatkozó	Mi található ezen a helyen? (Mekkora a szennyezőanyag-kibocsátás?)
Körülményekre vonatkozó	Hol van? (Hol van lakóház a pontforrás 300 m-es körzetében?)
Trendre vonatkozó	Mi változott meg? (Hogyan változott a kibocsátás az elmúlt 3 évben?)
Útvonalra vonatkozó	Melyik a legkedvezőbb út? (Mi a legrövidebb menekülési út havária esetén?)
Jelenségre vonatkozó	Mi a jelenség....? (Milyen hatása lehet a kibocsátott szennyezésnek?)
Modellezéssel kapcsolatos	Mi történik, ha....? (Melyik területeket érinti?)

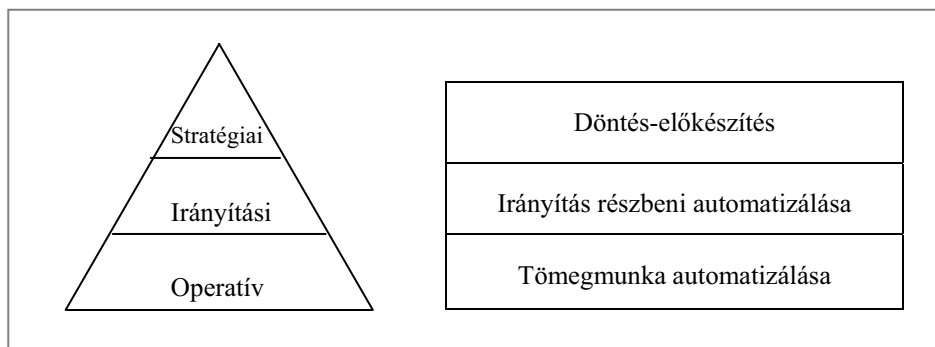
A vizuális információk kezelése során lehetőségünk van a térinformatika alkalmazásával a kétdimenziós, térképi ábrázolás helyett a háromdimenziós megközelítésre. A színeket, a vonalak vastagságát, a kitöltést dinamikusan változtathatjuk, és a térbeli kapcsolatokat többféleképpen mutathatjuk be.

2.2.2. A térinformációs rendszerek alkalmazási szintjei

A térinformációs rendszerek felhasználása általában a következő feladatokra irányul (Detrekői – Szabó 1995):

- a rutin és tömegmunka automatizálása,
- az irányítás részbeni automatizálása,
- a tervezés, fejlesztés segítése,
- a döntés-előkészítés támogatása.

Ezek a feladatok a különböző szervezetek hierarchiájában a következő döntési szintekhez tartoznak (1. ábra):



1. ábra. A döntési szintek és feladatok kapcsolata (Detrekői – Szabó 1995).

2.2.3. Raszter – vektor modellek

A térinformatikai rendszerek alapvető különbözősége a valós világra alkalmazott adatmodellben nyilvánul meg, mely szerint *raszteres* és *vektoros* rendszerekről beszélhetünk (Márkus 1995, in Füle 1996).

A raszteres modell a vizsgált területet azonos méretű alapelemekre, cellákra bontja, melyben minden cella önálló értékű. A cellákat meghatározott sorrendben, általában a bal felső sarokból kiindulva, sorról sorra kezeli, ezáltal a megadott terület minden pontjára ad információt (fedvény szemlélet). Fő alkalmazási területe a légi és műholdfelvételek feldolgozása.

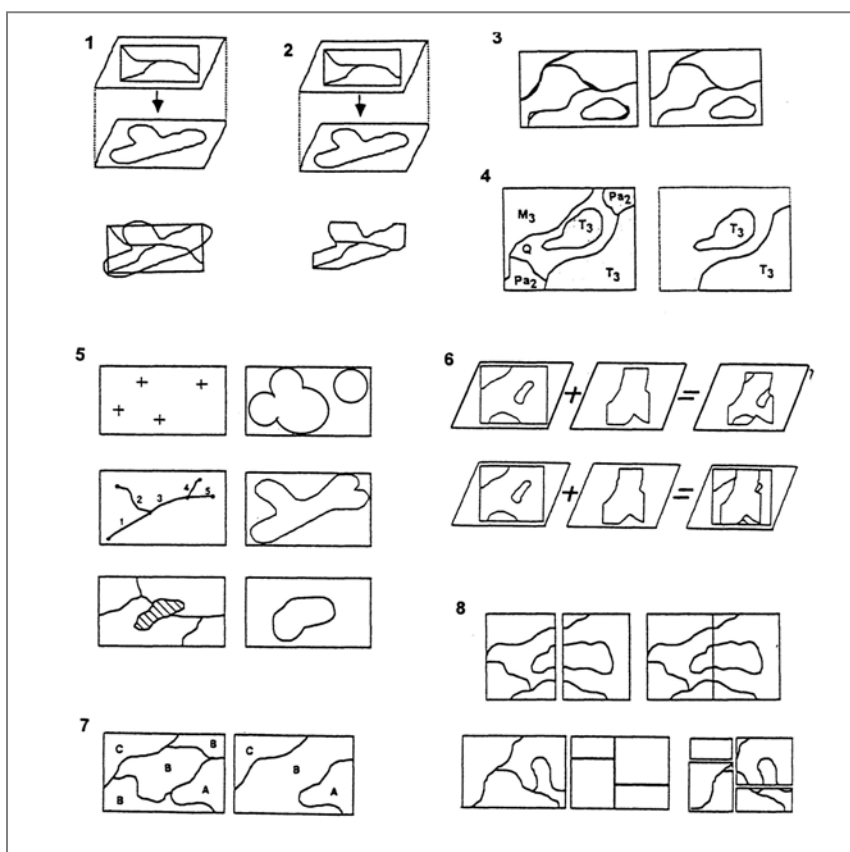
A vektoros modell a valós világot pontokkal, vonalakkal és poligonokkal, mint alapelemekkel írja le. A vonalak, poligonok vonalszakaszokból épülnek fel. E modellben az alapelemeknek nem kell szükségképpen a vizsgált területet teljesen kitölteni (objektumszemlélet), csak a feldolgozandó objektumokat töltjük be a rendszerbe. Pontszerű objektumok lehetnek például kutak, források; vonalszerű objektumok a vízfolyások, törésvonalak; poligonok például települések, természetvédelmi területek. E rendszerekben a fedvény szemlélet is érvényesíthető a terület poligonokkal való hiánytalan kitöltésével (pl. levegő szennyezettség értékek megadása egy területen).

2.2.4. Térbeli elemzések

A helyzeti és táblázatos adatok kombinálásával tudjuk a térinformatikai adatbázisunkat létrehozni, amellyel képesek vagyunk az eredmények gyors megjelenítésére, ellenőrzésére, lekérdezésére, valamint további elemzések elvégzésére. Az adatokat gyorsan és kényelmesen lehet kezelni, táblázatként kilistázni, térképeket megjeleníteni.

A térinformatikai rendszerek azonban az előzőekben ismertetett műveleteknél bonyolultabb elemzések, döntések megoldására is képesek. Lehetőségünk van a különböző tematikájú és akár eltérő méretarányú térképeket rétegenként, szendvicshez hasonlóan egymásra vetíteni, és komplexen vizsgálni. Egy adott helyre vonatkozóan az összes rétegről lekérdezhetjük a kért információt. E műveleteket összefoglalóan *átlapolásnak* (overlay) nevezzük.

Az átlapolási műveletek lehetősége a GIS- rendszerekbe beépített. A különféle rendszerek más-más matematikai és számítástechnikai műveleteket alkalmaznak megvalósításukra.



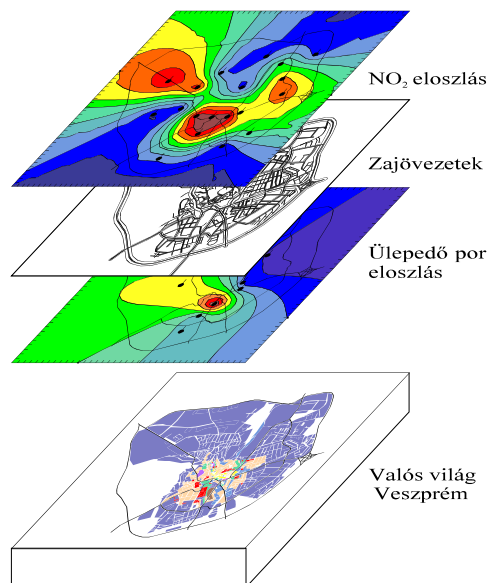
2. ábra. Az átlapolási műveletek szemléltetése (Magyar 1995).

1. unió; 2. közös rész képzése; 3. poligonszilánkok eltávolítása; 4. kiválasztás, új rétegre sorolás; 5. övezet létrehozása; 6. kivágás; 7. határok feloldása; 8. szelvények összekapcsolása, részekre vágása.

A térinformatikai adatbázisunk felépítéséhez, és a döntéshozatal előkészítéséhez, szükségünk van a már előbb említett fólia-szerű átlapolásra, az ún. fedvények, térképek létrehozására.

Az átlapolt, eredményül kapott fedvény már alkalmas arra, hogy a döntéshozó kritériumai alapján bemutassa a lehetséges megoldásokat.

A grafika-, vagy földrajz-központú adatmodellek függetlenül az implementáció milyenségétől (georelációs, relációs, objektum orientált) különféleképpen szemlélhetik a valós világ jelenségeit.



3. ábra. A tematikus térképek átlapolási műveletei

Egyes modellekben a főszereplők az egyszerű vagy összetett grafikus objektumok (pontok, vonalak, területek és a belőlük létrehozott halmazok), míg más modellek először az entitások jelentését vizsgálják (terep, növényzet, épületek, utak stb.) és csak másodlagosan azt, hogy milyen grafikus alakzattal reprezentálhatók.

A GIS korai fejlődési szakaszában szinte kizárólag grafika-központú modelleket találunk. Ez a jelenség egyrészt a grafika újdonságával magyarázható a hagyományos alfanumerikus adatbázisokhoz viszonyítva, másrészt azzal a gyakorlati ténnyel, hogy a grafikus objektumot egyszerűbb definiálni (és ez még ma is igaz), mint a földrajzi objektumok komplex, kiterjedt halmazát. A grafika-központú modellek általában nem ismerik a topológiát, a földrajzi objektumok szerinti rendezést a réteg struktúra segítségével próbálták megoldani.

2.2.5. Szoftverek

A feladat jellege meghatározza az alkalmazni kívánt adatmodellt és szoftvert, melynek szempontjai: a feldolgozandó bemeneti adatok tulajdonságai, a megfelelő felbontás és pontosság, az elemzési lehetőségek, számítási sebességek, memóriaigény, tárolás. A környezetvédelmi adatokat leginkább térképekről, koncentrációmérésekből szerezhetjük, pont-, vonal- és poligon alapelemként ábrázoltan, tehát a vektoros rendszerek használata e területen gyakoribb. Ugyanakkor légi és műholdfelvételek, domborzati adatok feldolgozásához inkább a raszteres rendszereket alkalmazzák. A korszerűbb szoftverek már lehetőséget biztosítanak a raszter-vektor átmenet megvalósítására is. Néhány vektoros és raszteres rendszer a teljesség igénye nélkül:

- raszter - alapú:
 - IDRISI - Clark University
 - ERDAS - Erdas
 - GEOMEDIA 5.0 - Intergraph
 - DigiTerra Map - Digiterra
 - AUTODESK Raster design AutoDESK USA

- vektor -alapú:
 - MOSS - U.S. Bureau of Land Management
 - SAGIS - National Park Service
 - ARC/INFO - ESRI
 - OSU MAP - Ohio State University
 - ArcGIS - ESRI
 - AUTOCAD – AutoDESK USA
 - MAPINFO - Mapping Information Systems Corporation
 - MICROSTATION - Bentley Systems

- objektum alapú:
 - SICAD – Siemens
 - Smallworld – IBM
 - GreenLine - Kolibri InterMap Kft

2.3. *Döntési alafogalmak, a döntés folyamata*

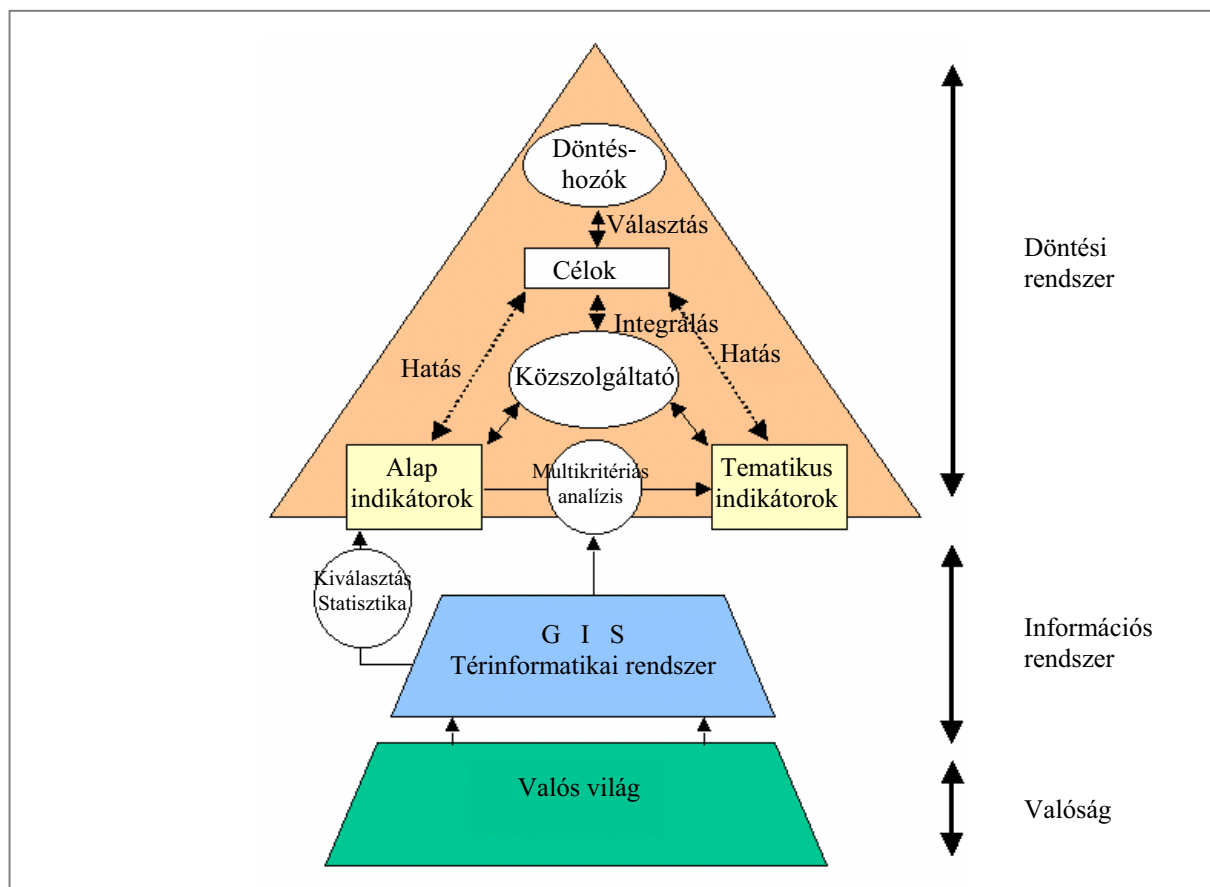
A döntéstámogató rendszerek logikai alapja, hogy *döntési alternatívák* között kell választania a döntéshozónak. A térinformatikai rendszer, mint modellezési eszköz hatékonyan képes támogatni az egyes döntési alternatívák eredményeit. A társadalmi, ökonómiai döntések legtöbbször térbeli természetű, amely szoros kapcsolatban van mind a természeti, mind a társadalmi környezettel. A térinformatika a közeljövőben egyre fontosabb szerepet játszik a döntési módszerek kidolgozásában és alkalmazási feltételeinek meghatározásában.

Különösen fontos terület az egyes erőforrások allokációjához (szétosztásához) kapcsolódó döntések (Fao 1976) problémája. A térinformatikai döntéshozatali rendszerekkel kapcsolatban Eastman (1993) publikált eredményeket, Gaál (1989) pedig a döntéshozatal alapjait részletezi. A döntéshozatali rendszerek elméleti leírásával számos szakirodalom foglalkozik. A széles körben használt döntéshozatali terminológiát Rosenthal (1981) határozta meg. Az általa használt nevezéktant a 3. melléklet tartalmazza vázlatosan. A döntés folyamatát és térinformatikával történő integrációját a 4. ábra szemlélteti.

2.4. *A döntések osztályozása térinformatikai szempontból*

2.4.1. *Hibák*

A döntések, GIS műveletek elvégzése során mindig kisebb-nagyobb hibákkal kell számolnunk. Ilyen például a digitális térképek helyezeti hibája, amely különféle forrásból származhat. Ez lehet a digitalizálás hibája, a felmérés hibája, az érzékelés hibája, a földrajzi adatok leíróadatainak hibája (például, földhasználat esetén, nem mindig lehet egyes területekről eldönteni, hogy milyen területhasználati kategóriába tartoznak.) A legtöbb ilyen hiba a mérések hibáiból adódik.



4. ábra. Térinformatikával támogatott döntési folyamat szemléltetése.

A döntési folyamatok során természetesen nem lehet ezeket a hibákat kiküszöbölni, vagy csak igen magas költség- és időráfordítás árán, de mindenképpen szükséges tisztában lenni az információra gyakorolt hatásukkal. Megoldás ezeknek a hatásoknak a szabályozása és kezelése (Márkus 1997).

A hibák és a megbízhatóság kifejezése

A hibák lehetnek szabályos, azon belül is kumulatív és nem kumulatív, valamint véletlen hibák. Az adatok gyűjtésekor forráshibák keletkeznek (pl. mérési hibák, vagy adódhatnak a pont hibás megjelöléséből, stb.) További hibákat eredményezhet az adatok tárolása vagy feldolgozása is (pl. kerekítési, iterációs hiba). Ezek a hibák nagyon veszélyesek, mert észlelésük általában rendkívül nehéz. Ennek folyamán nagyon fontos az ellenőrző folyamatok kidolgozása. Az információ értelmezése során is követhetünk el hibákat. Ennek csökkentésére a kapott eredményeket, információkat a felhasználó számára a legegyszerűbb, legkönnyebben értelmezhető formában kell közölni (Márkus 1997).

A hibák, a megbízhatóság jellemzésére az adatok *pontosságát, szórását* használhatjuk fel.

Az adatok *pontossága* az adatok mért és valódi értékének viszonyát jelenti. A hiba a valódi és mért érték különbsége (terjedelme). A pontosságot a különbségek szórásával jellemezhetjük.

Mennyiségi adatok mérési hibájának normál kifejezése azt mutatja be, hogy a mérés milyen arányban fog eltérni a valóságtól. Ennek bemutatására az RMS hibát használják (root-

mean-square error, forrás- közép-négyzetes hiba) a hazai jelölése: σ (Csabina, Detrekői, Márkus 1998):

$$\sigma = RMS = \sqrt{\frac{\sum(x_i - t)^2}{n}} \quad \text{ahol } x: \text{ a mérés, } t: \text{ a valóság, } n: \text{ ismétlési szám} \quad (1)$$

A valóságostól mérve az esetek 68 %-ban $\pm 1 \sigma$ a valóságtól, 95 %-ban $\pm 2 \sigma$, és 99.7 %-ban $\pm 3 \sigma$ -án belül van a hiba.

Fuzz- esetek

Ahogy az előzőekben említettem, nem minden bizonytalanság fejezhető ki hibaként. A Fuzzy-esetekben egy osztályozást hajtunk végre ott, ahol az egyes határok a különböző kategóriák között nem élesen elhatárolhatók.

A hagyományos térinformatikai rendszerek esetében az adatbázist a vizsgálatban hibátlannak fogadjuk el. Kemény döntéshozatali feltételrendszeren belül ún. Boolean algebra segítségével logikai réteket hozunk létre, és műveleteket hajtunk végre az adatbázisban. A határvonalakat élesnek (sharp) tekintjük. Ugyanakkor a legtöbb adatbázis nem tudja visszaadni a döntéshozatali folyamatban az adatbázis térbeli bizonytalanságát, nem tudja kezelni a valószínűségi értékeket. A fuzzyfikáció elméleti alapjait Zadeh (1965) dolgozta ki a térbeli elemzések esetében. A Fuzzy térbeli elemzés lehetővé teszi, hogy a Boolean algebrában megismert két állapotú döntéshozattal szemben, azaz bináris alapokon nyugvó "igen" vagy "nem" (illetve alkalmas a terület, vagy nem alkalmas a terület, "elfogadjuk-e az alkalmazás szempontjából, vagy nem fogadjuk el az alkalmazás szempontjából") helyett az emberi gondolkodásnak és az emberi nyelvnek sokkal inkább megfelelő kategóriákat - mint az alacsony, közepes, magas - tesz lehetővé egy folyamatos függvény megfeleltetés révén, ahol a függvény típusának megfelelően bármelyik pont különböző valószínűségi szinten, de alkalmas az adott válasz állapotának kifejezésére.

A Fuzzy-logika problémaköre részletes ismertetésre kerül a dolgozat 4.4. pontjában.

2.4.2. Döntési alapesetek

Az emberi gondolkodás alapján véve egy céllal számol, amelynek eléréséhez általában több kritériumot is figyelembe vesz. Egyes dolgokat kizár (korlát/kényszer), más dolgokat alapvetőnek tart (tényező/faktor). Mindazonáltal a komplex döntési helyzetekben, mint például a környezetvédelemben, soha nem szabad csak egy céllal számolni.

	Egy döntési kritérium	Több döntési kritérium
Egy cél	x	x
Több cél	-	x

5. ábra. A döntési variációk szemléltetése.

Az 5. ábra alapján a következő döntési eseteket ismertetem:

- egy cél / egy döntési kritérium,
- egy cél / több döntési kritérium,
- több cél / több döntési kritérium.

A több céllal, de egy döntési kritériummal rendelkező rendszerek bemutatásától eltekintek, mert az valószínűleg megoldhatatlan kombinációt jelent.

Egy céllal és egy kritériummal rendelkező döntési problémák

Ebben az alapesetben egy bizonyos célt akarunk elérni, melyet kizárólag egy kritérium befolyásol. Ez lehet tényező vagy kényszer. Például: Olyan helyen szeretnék lakni, ahol a levegő porszennyezettsége $x \mu\text{g}/\text{m}^3$ alatt van (tényező), vagy ott lehet építkezést kezdeni, ahol nincs tájvédelmi körzet (korlát).

Ez a legegyszerűbb döntési eset. A kritériumok által lehatárolt területen bármely rész a rendelkezésünkre áll (korlát), s mivel nincs további kritérium, a tetszőleges rész kiválasztható. A tényezők bemutatása után (pl. egy izovonalas levegő-szennyezettségi koncentrációs térkép) a döntés végrehajtható.

Egy céllal és több kritériummal rendelkező döntési problémák

Általában a természetben előforduló esetek az említettéknél összetettebbek, döntési tényezőket és korlátokat szükséges figyelembe venni.

A korlátok esetén Boolean algebraival kifejezve készíthetünk ún. kényszer illetve korlát térképeket, ahol a 0 a kizárt területeket, az 1 a feltételnek megfelelő területeket mutatja.

A tényezők azok a kritériumok, melyek folyamatosak a valós világban, s ezáltal a döntési helyzetben is e szerint érvényesülnek (pl.: a levegőszennyezettség koncentráció változása).

A döntési folyamat során választhatunk konzervatív, lineáris kombinációjú, illetve sorrenddel súlyozott átlagú döntési rendszereket.

Konzervatív esetben, Boolean határfeltételekre alapozott döntéshozatali eljárásban, a kompenzációra nincs lehetőség, azaz az egyes döntési rétegek azonos súllyal esnek latba a végső döntés meghozatalánál és minden döntési réteg ún. kemény döntési feltételek mellett születik.

A többtényezős döntésvértékelési eljárások közül egy másik, széles körben használt módszer a súlyozott lineáris kombinációs eljárás (weighted linear combination - WLC). Ez a következő lépés abba az irányba, hogy a döntéshozónak lehetősége legyen az egyes rétegek prioritásait figyelembe venni, azaz egy döntési folyamatban az összes réteg már ne azonos súllyal essen latba, és ezt a döntési súlyt számszerűen is hozzárendelhesse az egyes döntési tényezőkhöz. Ennek eredményeképpen az eredményréteg az előző döntéshozatali folyamattal - tehát a Boolean algebra alapján végzett döntéshozatali folyamattal - összehasonlítva elmozdulást jelent a logikai "ÉS" ("AND - minimum") irányából a logikai "VAGY" ("OR - maximum") művelet felé. Ezzel elkerülve az abszolút konzervatív döntéshozatali megoldást és vállalva egyfajta kompromisszumot, melynek ára a döntéshozatali kockázat növekedése. A döntési súlyok meghatározására több eljárást használtak, azonban általában a Saaty (1997) által leírt analitikus hierarchikus folyamat (AHP) terjedt el, amelynek térinformatikai alkalmazását először Rao (1991) írta le. Az eljárás során egy 9 pontos skálát használtak, ahol "9"-es értékkel jelölték a szélsőségesen jó, "1/9"-del a szélsőségesen rossz, "7"-tel a nagyon

jó, "1/7"-del a nagyon rossz, "5"-tel a jó, "1/5"-del a rossz, "3"-mal a közepesen jó, "1/3"-dal a közepesen rossz, míg "1"-gyel az egyenlően megfelelő értékeket. Ezen a skálán az egyes döntési tényezőknek a súlyát kellett meghatározni, általában valamilyen szakértői testületnek. Egy további megoldás, amikor egy összehasonlító mátrixot hozunk létre, ahol az "x" és "y" tengely, (a sorok és oszlopok) ugyanazok a döntési tényezők lesznek, és a döntéshozóknak ezeket a döntési tényezőket párosával kell összehasonlítaniuk, s kiosztani a döntési súlyokat úgy, hogy azok együttes összege nem haladhatja meg az 1,0-t.

A Boolean logikai rétegekre épített döntéshozatali rendszerben a normalizálás, azaz a döntéshozói tényezők azonos skálaértékre hozása két értéket jelentett: "0"-s vagy "1"-es diszkrét értéket. Ezek használata a továbbiakban nem javasolt, mert a döntési helyzetünket nagyon leszűkítenénk, valamint a tényező típusú kritériumoknál nem is alkalmazható. Normalizálásra azért van szükség, hogy a különböző skálájú rétegeket egymásra illeszthessük, és azokat kezelhessük. Ilyen esetekben érdemes a Fuzzy-osztályozást felhasználni.

A lineáris eljárás előnye, hogy relatív súlyokat tudunk a döntési tényezőkhöz hozzárendelni a döntési folyamatban. Ezeket a döntési súlyokat néha kompromisszumos súlyoknak is hívják, amely jelzi az adott döntési tényező relatív fontosságát a döntési folyamatban. Ezzel a döntéshozó ellenőrizheti, hogy a döntési kompromisszumok, illetve kompenzációk során az egyes döntési tényezők milyen mértékben vegyenek részt a döntési folyamatban. Ahol a döntési tényezőhöz a legnagyobb döntési súlyt rendeljük, ott ez a döntési folyamat során a legnagyobb kompenzációs képességgel rendelkezik a többi tényezőhöz viszonyítva, a helyre vonatkozó döntési folyamatokban.

Egy másik technika a töbttényezős döntésvértékelési eljárások sorában a sorrenddel súlyozott átlag (Order Weighted Average - OWA). Ez a technika nagyon hasonló a lineáris eljáráshoz. Az adatelőkészítés során ugyanúgy kell alkalmazni az adatok normalizálását, a súlyok hozzárendelése is ugyanúgy történhet folyamatos értékskálák alapján, valamint használhatunk a döntéshozatal során Boolean döntési korlátokat is. Egy lényeges dologban azonban eltér, mivel egy további súlykiszámítást rendel a döntési faktorokhoz, ez a sorrendi súlykiszámítás. A sorrendi súlyok hozzárendelése a döntési faktorokhoz egy további fokozatot jelent a döntési kompromisszumok lehetőségének irányába, amely értelemszerűen együtt jár a döntési kockázati szintek növekedésével. A Boolean-logika alkalmazása során megismert eljárásban, kemény döntéshozatali feltételek mellett, egy döntési tényező esetében választottuk ki az alkalmas és az alkalmatlan területeket. Ez egy logikai "ÉS" ("AND - minimum") műveletnek felel meg, amelynek eredményeként egy konzervatív, kockázatot nélkülöző és kompromisszumot elutasító döntési magatartást képviseltünk. Ennek megfelelően előfordult, hogy nem volt olyan eredményünk, amely az összes döntési tényezőnek és korlátnak, a kemény döntési határfeltételek mellett, megfelelt volna. A WLC technika lehetővé tette, hogy egy, az alkalmasság szempontjából folyamatos, döntési tényező felszínét hozunk létre a Fuzzy algebra segítségével, majd ezeket a súlyozott döntési tényezőket kombinálva egy átlagoló technikát alkalmazzunk. Ez az átlagoló technika egyenlő távolságra van a logikai "ÉS", azaz a minimum és a logikai "VAGY", azaz a maximum műveletek között. A logikai "vagy" művelet ebben az esetben egy maximális kompromisszumkereső és ugyanakkor a legnagyobb kockázatot felvállaló magatartásnak felel meg. Az OWA, azaz a sorrenddel súlyozott átlag eljárás lehetővé teszi a döntéshozó számára, hogy ellenőrizze a döntéshozatal kompromisszum szintjét és ugyanakkor a vállalt kockázati szintet is. Ebben a döntési eljárásban a döntési súlyok (Order Weights) egyfajta prioritási sorrend alapján alakulnak ki, ezt a prioritási sorrendet a döntéshozó az alapján tudja meghatározni, hogy mely rétegeket kívánja leginkább bevonni a kompenzációs folyamatokba. Ezek a kompenzációs folyamatok azt jelentik, hogy ha eredetileg az egyes rétegek bevonásával nem találunk megfelelő megoldást, akkor valamilyen kompromisszum alapján

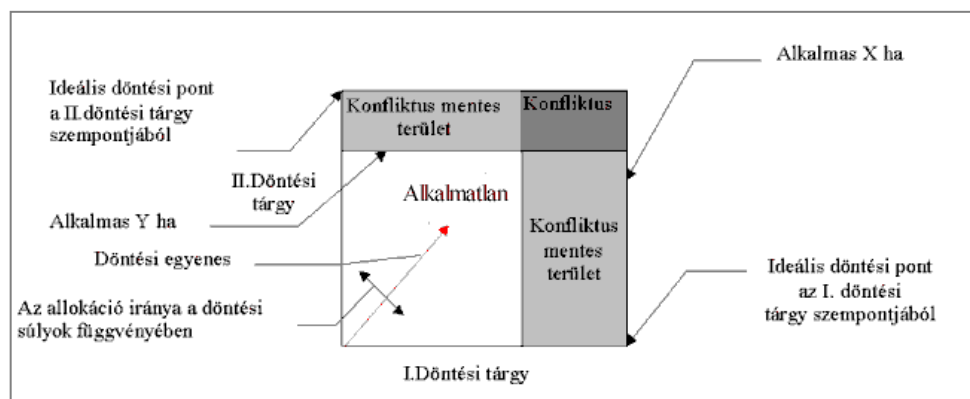
az egyes rétegek egymást kompenzálhatják. A legalacsonyabb alkalmassági sorrend kapja az első sorrendi súlyt, majd a második alkalmassági sorrend a második sorrendi súlyt, és így tovább.

Több céllal és több kritériummal rendelkező döntési problémák

Az előzőekben olyan többcélú értékelési rendszert tanulmányoztunk, amelynek egy döntési tárgya volt. A döntés-előkészítők nagyon gyakran olyan döntéshozatali problémával állnak szemben, amikor több olyan döntési célt kell kielégíteni, amelyek egymással konfliktusban, vagy egymást kiegészítő viszonyban állnak. A normál szituációkban maximum 2 vagy 3 ilyen döntési célt kezelünk egyszerre. Az egymást kiegészítő döntési tárgyak esetében Carver (1991) egy hierarchikus többtényezős értékelési rendszert javasol, amely gyakorlatilag egyezik technikájában a már tárgyalt súlyozott lineáris kombinációs eljárásokkal, ahol döntési súlyok segítségével egy prioritási sorrendet állítunk fel a különböző döntési célok esetében, majd ezeket kombináljuk. Az egymással konfliktusban levő döntési tárgyak esetében a helyzet összetettebb, mivel a földallokáció során mindenképpen egymást kizáró feltételek, döntési tényezők és korlátok vannak. Itt egy lehetséges megoldás a döntés tárgyának prioritása (Rosenthal, 1981).

A prioritáció mellett gyakran használt a különböző kompromisszumos megoldások keresése is. A kompromisszumos megoldások matematikai kivitelezését elsősorban a lineáris programozási eljárások jelentik (Diamond - Wright 1988). A létrehozott alkalmassági térképeket egy többdimenziós tér tengelyeként képzelhetjük el.

Az egyszerűsítés kedvéért két külön döntési tárgyat vizsgáltam meg. Az eredményrétegben minden egyes raszteres cellát a döntési térnek megfelelően kell szétosztanunk az alkalmassági szintnek megfelelően. Ha az egyik döntési tárgy érdekében "x" hektárt kell leválogatnunk és a másik döntési tárgy érdekében "y" hektárt, akkor a vizsgálati területen lesznek olyanok, amelyek az egyik döntési tárgy szempontjából megfelelőek, lesznek olyanok, amelyek a másik döntési tárgy szempontjából megfelelőek, lesznek olyan cellák, amelyek mindkét döntési cél szempontjából megfelelőek, ill. olyanok, amelyek egyik döntési tárgy szempontjából sem megfelelő. A döntési megoldást egy folyamatos iterációs eljárással hajthatjuk végre, ahol a két döntési tárgyat az "x" és "y" tengelyként tételezhetjük fel (6. ábra). Természetesen, mint említettem, ahány döntési tárgy van, annyi döntési tengelyt tételezhetünk fel a döntési térben; jelen esetben azonban kettőt vettem alapul. A két döntési tárgy origójából egy döntési egyenest húzhatunk meg, amely ha 45°-os értéket vesz fel, akkor azonos súllyal sikerült megoldanunk a konfliktust.



6. ábra. A kompromisszumos döntések lehetőségei (Tamás 1997).

A legtöbbször azonban a konfliktusok nem azonos súllyal esnek latba a két döntési tárgy között. A két döntési tárgy maximum értéke adja az egyes döntési tárgyak szempontjából optimális döntési pontot. A döntési egyenes legnagyobb értéke pedig a konfliktus legnagyobb értékét adja meg, kettéválasztva a konfliktusmentes területeket az egyes döntéshozatali tárgyakkal megfelelően.

Természetesen itt is első lépésben normalizálni kell a döntési feltételeket egy többtényezős döntéshozatali értékelési rendszerben, mint azt már az előzőekben bemutattam.

2.5. A kutatási terület előzményeinek áttekintése

A hazánkban használt irodalmak közül az egyik legfontosabb szakirodalom a National Center for Geographic Information and Analysis Core Curriculum (NCGIA CC), amely egy 1000 oldalas oktatási segédlet, sok irodalommal. A hatékony és széleskörű használatához a törzsanyag adaptálásra került a legelismertebb hazai szakemberek segítségével (1993-1994).

A Core Curriculum (Márkus 1994) szerint a térinformatikai tevékenység főbb csoportjai a következők:

"Érett", hosszabb idő óta kifejlesztett technológiák, amelyek a térinformatikával kölcsönkapcsolatban vannak:

- földmérés és mérnöki tevékenység,
- térképészet,
- távérzékelés.

Menedzsment és döntés-előkészítés:

- erőforrás nyilvántartás és menedzsment,
- várostervezés (Városi Információs Rendszerek),
- földhivatali nyilvántartás az adózás és a tulajdon ellenőrzése érdekében,
- közműnyilvántartás,
- marketing és kiskereskedelmi tervezés,
- járművek útvonala és menetrendje (forgalomszervezés).

Tudományos és kutatási tevékenység egyetemeken és állami kutatóintézetekben, laboratóriumokban.

A következő hazai és külföldi példák, munkámmal összefüggésben, a második csoportba tartoznak, és a környezetvédelmi döntés-előkészítő-, támogató alkalmazásokat reprezentálják. Ezekon kívül természetesen sok más példa is említhető.

A térinformatika fejlődésével és a környezetvédelmi tevékenységek erősödésével párhuzamosan jelentek meg a környezetvédelmi-térinformatikai rendszerek, amelyek az első időben kizárólag a megjelenítésre szolgáltak.

Bakucz (1992) a felszín alatti vizek hidrodinamikai modellezését és a térbeli információs rendszerek kapcsolatát vizsgálta. Célja az adatelemek jellemző tulajdonságaiból, az adathalmazok relációiból kiindulva olyan modulok megalkotása volt, ahol az adatok világos struktúrája meghatároz egy bizonyos fokig redundancia-mentes struktúrát.

A városi ülepedő por, mint levegőminőséget befolyásoló tényező térinformatikai feldolgozását Kovács G., Dormány G. (1996) végezte el Ajkán, 1986 és 1994 közötti adatok alapján. Meghatározták a fő kibocsátókat, megállapították azokat a városrészeket, melyeket ez leginkább érintett, illetve azt, hogy a városrészek porterhelése hogyan változott hónapról-hónapra. Az eredményeket térinformatikai rendszerrel ábrázolták.

Lénárt, Tamás (1996) is a térinformatikát alkalmazta a talajkörnyezet modellezésében. A mezőgazdaság, valamint a környezet- és természetvédelem érdekeit egyaránt figyelembe vevő, modellezésre is alkalmas, erőforrás-gazdálkodási döntés-előkészítő rendszerek alapjait ismerteti. A talajkörnyezet modellezésének komplex megoldását ismerteti, a szoftverintegráció eszközt alkalmazva, kihasználva az Idrisi for Windows elemzési képességeit, a Surfer program háromdimenziós megjelenítési és interpolációs lehetőségeit, valamint az ArcView program lekérdezési és megjelenítési lehetőségeit.

A környezetvédelmi irányítás, a környezetvédelmi hatásvizsgálatok és a környezeti monitoring szükségessége miatt megjelent ez esetekben is a GIS alkalmazási lehetőségeinek a keresése. Ezeket a lehetőségeket kísérli meg Bailey, J., Ward, B. (1996) bemutatni. A projekt a digitális térbeli adatbázisok létrehozására és a folyamatos, általános fő tevékenységek GIS alkalmazhatóságára helyezi a hangsúlyt. Ennek eredményeképpen a térbeli adatok támogathatják a környezeti irányítást, segítséget nyújtva a hatások elemzésére, és javaslatok kidolgozásához.

A távérzékelés lehetőségeit felhasználva Bácsatyai, Bánky, Czímber, Király (1998), Budapest X. kerület (Kőbánya) önkormányzata megbízásából, Budapest X. kerületének környezeti állapotfelmérését végezte el. Ez Kőbánya sokoldalú térinformációs rendszerét, ill. az ehhez szükséges adatbázisok előállítását jelentette. A komplex munka során, a Kőbánya területéről készült nagyfelbontású infraszínes ortofotó, valamint kiegészítő terepi felvételek segítségével, a digitális képfeldolgozás módszereinek alkalmazásával osztályozták és térképezték a felszínborítást, a területhasznosítást és a közterületi zöldfelületeket. Térinformatikai rendszerbe foglalták a teljes közterületre vonatkozó, részletes területegységenkénti, zöldterületi leírást.

Márkus, Király (1999), SE, Erdőmérnöki Kar, Földmérési és Távérzékelési Tanszék, a "Fertő-Hanság Nemzeti Park és a Szigetközi Tájvédelmi Körzet földrajzi információs rendszere" kifejlesztését tűzte ki célul egy Phare CBC projekt keretében. A projekt célja egy természetvédelmi információs rendszer létrehozása volt az egyetemi oktatás és kutatás számára, amely bemutató és kísérleti területként szolgál a gyakorlati oktatásban és kutatásban, továbbá az, hogy a partner intézmények is – elsősorban a Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság – hasznosíthassák. A projekt tervezésében, valamint a végrehajtás során a Cooley (1989) által publikált Logical Framework szemléletmódot alkalmazták. A Logical Framework módszert, melyet a fejlesztési projektek tervezésének támogatására használnak abból a célból, hogy mérhető eredményeket kapjanak, 1970-ben fejlesztették ki az Amerikai Egyesült Államokban. Ez a szemléletmód feltételezi, hogy egy fejlesztési projekt a változtatások eszköztárából kerül kiválasztásra, mint legköltséghatékonyabb eszköztár, a kívánt hasznos eredmény elérése érdekében.

Szabó (1999) Debrecen város felszíni vizeinek vízminőségi állapotfelmérésével foglalkozott. Elsődleges célja volt a Debrecen város térségében található két természetes felszíni vízfolyás, a Tócsó és a Kondoros vízminőségi állapotának bemutatása. A vizek minőségével kapcsolatban, valamint azok minősítése során kiemelten vizsgálta az élővizek

szennyezéseit és a szennyezőanyagok hatásait. A jelenleg érvényben lévő magyar szabványok előírásait figyelembe véve minősítést és értékelést hajtott végre.

Tanaka (2004) a nagy japán városok, mint Osaka, Kóbe, klimatikus viszonyait vizsgálja térinformatikai módszereket felhasználva. A „Városi Környezetvédelmi Klimatikus Térképe” című tanulmányában a felmérési és ábrázolási lehetőségeket ismerteti.

A komplex társadalmi igények, a környezetvédelmi feladatok egyszerűsítése a döntéshozatal előkészítése és megkönnyítése érdekében a rendelkezésre álló térinformatikai rendszereket a megjelenítésen túl adatfeldolgozásra, térbeni műveletek végrehajtására is alkalmazhatjuk.

A döntéstámogató rendszerek tulajdonságait, fejlődését mutatja be Kertész (1994) a magyarított Core Curriculum keretein belül. A szerző szerint a térbeli döntéstámogató rendszerek a döntéstámogató rendszerekkel (decision support systems-DSS), amelyeket üzleti alkalmazásokra fejlesztettek ki, párhuzamosan fejlődtek. A DSS irodalomban jelentős elméleti anyag és nagyszámú alkalmazás található, viszont a környezetvédelmi alkalmazás kevés. A térbeli döntéstámogató rendszerek adják meg az alapját ezeknek az alkalmazásoknak. Sok térbeli probléma összetett, ezért vizsgálatukhoz analízisre és modellezésre van szükség, azonban sok térbeli probléma félig strukturált, vagy rosszul definiált, mivel nem minden része mérhető, vagy modellezhető.

A térbeli döntéstámogató rendszerek (angol nyelven SDSS Spatial Decision Support Systems), keretében a következők integrálódnak: 1. analitikus modellező képességek; 2. adatbázis-kezelő rendszerek; 3. grafikus megjelenítési lehetőségek; 4. listakészítés; 5. a döntéshozó szakértői tudása. Egy GIS rendszer általában a 2.-at, 3.-at és 4.-et biztosítja. Az 1. és 5. hozzáadásával hozzuk létre az SDSS-t.

A DRASTIC módszert (Aller et al. 1987), amely a világ egyik legismertebb sérülékenységet értékelő rendszere, az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (EPA) fejlesztette ki 1987-ben. A felszín alatti víztartók, vízbázisok sérülékenységét fejezi ki. A módszer hét tényezőt vizsgál: a víztükör felszín alatti mélysége, beszivárgás a víztartóba, a víztartó anyaga, a talaj anyaga, a lejtéviszonyok, a telítetlen zóna hatása, a víztartó vízvezető képessége. Ezek angol megfelelőiből adódott mozaikszó a DRASTIC. Ennek a rendszernek a logikáját használtam fel később az általam kialakított döntés-támogató IMPACT II index létrehozásához.

Az MTA Földrajztudományi Kutató Intézetében kidolgozott stratégiai térképek (Tózsá 1994.) Budapest VIII. kerületét, Józsefvárost mutatják be. A tanulmány a különböző városi szennyező anyagok eloszlását, összhatását dolgozza fel. További kutatások folytak a Teréz-, és az Erzsébetváros talajvizeinek felméréséről, valamint a Ferencvárosi területeken a forgalom és zaj hatásairól. Legfontosabb szempont a különböző tényezők értékelése, döntési mátrixban való elhelyezése volt.

A külföldi példák egyik jeles képviselője, Fedra (1996), által kidolgozott ECOSIM Városi Környezetvédelmi Menedzsment Információs Rendszer integrálja a monitoring (megfigyelő) rendszereket és a szimulációs modelleket egy városi területen, a környezetvédelmi döntéshozás elősegítésének érdekében. A projekt Internet által összekapcsolt kliens-server felépítésű, melybe beletartoznak a városokban elhelyezett monitoring berendezések, adatfeltöltő állomások és a modellező részek. A vizsgált tényezők: a közlekedés és ipar

okozta levegőszennyezés, beleértve a fotokémiai szmogot, valamint a parti, felszíni és felszín alatti vizek minősége.

Batty, Densham (1996) a városi környezet tervezése során vizsgálja a GIS döntéstámogató lehetőségeit. Leírja a térbeli döntéstámogató rendszerek és tervezést segítő alkalmazások fejlesztési lehetőségeit, valamint a következő évszázad lehetséges fejlődéseit boncolgatja a decentralizált döntéshozatal területén.

A Veszprémi Egyetemen Füle (1997) készített kandidátusi értekezést, amely a felszín alatti víztartók sérülékenységi vizsgálatát nagy méretarányú térinformatikai adatbázison alapuló rendszerre fejlesztette, valamint a balatonfüzői teszterületen a külföldi módszerek alkalmazhatóságát mutatta be.

Tamás (1997) Térinformatikai és környezeti modellezés című jegyzete komplex átfogó segítséget nyújt a térinformatikai alpműveletek, döntés előkészítés, támogatás és a Fuzzy-logika területén. Részletesen tárgyalja az adatgyűjtési, GPS rendszereket, a digitális terepmodelleket, az idő, a térbeli bizonytalanság és kockázat térinformatikai kezelését. Külön fejezeteket rendel a döntéstámogatás, azon belül is a konzervatív többtényezős értékelési rendszernek, a lineáris kombinációval végzett többtényezős döntési eljárásnak és a többtényezős döntési eljárásnak, sorrenddel súlyozott átlag alapján.

Fedra, Feoli (1998) GIS alkalmazásokat és térbeli elemzéseket végzett a tengerparti zónák esetében. Összefoglalják a szóba jöhető GIS és távérzékelési, térbeli transzport folyamatok modellezési, optimalizációs és szakértői rendszerek lehetőségeit, és integrálják egy döntéstámogató rendszerbe. Ezeket felhasználják környezetvédelmi hatás- és kockázat elemzésekre, zóna és telephely kiválasztásokra, amelyek lehetővé teszik az ipari fejlesztéseket az adott területen.

Lénárt, Tamás (1999) további kutatási tárgya volt: térinformatikai alapú környezeti hatásvizsgálatok Debrecen város vízbázisának védelme érdekében. A térinformatikai alapú, átfogó szemléletű, környezeti hatásvizsgálat környezetvédelmi, műszaki és adott esetben gazdasági szempontjai összhangban vannak a fenntartható fejlődés kritériumaival. Egy ilyen új típusú szemlélet és módszer, a már említett DRASTIC modell regionális fejlesztésére és GIS rendszerbe történő implementálására végeztek vizsgálatokat. A módszer eredményeképpen olyan sérülékenységi térkép és adatbázis jött létre, amely mind a szakértők, mind a hatásvizsgálatokban érintettek számára könnyen értékelhető volt, segítette a területhasználati alkalmasságot követelő döntéshozatalt..

A FŐKIR (Fővárosi Környezeti Információs Rendszer) 1999-óta segíti a Főpolgármesteri Hivatal környezetvédelemmel foglalkozó munkatársainak tevékenységét. A rendszer kiterjed a védett természeti területek, értékek, az ipar, és lakosság által kibocsátott levegő-, zajemisszióra, a kialakult immiszióra, hulladékokra, talajszennyezésre stb. Segítséget nyújtanak a működéshez a folyamatos üzemű monitoring berendezések (71 ponton NO_x és SO₂ mérések) ellenőrzéséhez (Nagy, Révész, Szabados 2002).

A karsztforrások vízgyűjtőire kidolgozott EPIK módszer (Dörflinger & al. 1999) mindössze négy tényezővel dolgozik. Ezek: az epikarszt, fedőrétegek, beszivárgási viszonyok, és a karsztos repedéshálózat fejlettsége. Hazai alkalmazását Német N. (2000) mutatta be.

Dely (2000) a Nyíregyháza Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatalában bevezetendő rendszert ismertette, beleértve az alapvető térinformatikai funkciókat, a digitális térkép és a relációs háttér adatok együttes megjelenítését és lekérdezését. A fejlesztés révén az önkormányzaton belül, megvalósult a térinformatikai támogatás minden döntéshozó részére a következő területeken: építéshatósági munka, környezetvédelmi döntések, infrastruktúrához kapcsolódó tevékenységek támogatása.

Painho, Sena, Cabral (2000) a környezeti hatásvizsgálatok és monitoring fejlesztését célozta meg egy olyan térinformatikai rendszerrel, amely egyszerű eszközként képes integrálni, tárolni, megjeleníteni és analízálni a környezetvédelmi adatokat, valamint segíti a környezetvédelmi szakembereket a döntéshozatal során. A módszer kidolgozásához MapObject szoftvert használták fel.

Nyerges, Jankowski (2001) a csoportos döntéshozatal GIS eszközeiről írt tanulmányában a térbeli döntéstámogatás módszereit és eszközeit ismerteti.

Scherma1, Bolivar, Dorries, Nasser (2002), a környezetvédelmi döntéshozatal keretén belül az analitikus és GIS adatok integrálását vizsgálta egy környezetvédelmi helyreállítási projekt részeként. A rendszer a Los Alamos Nemzeti Laboratóriumának analitikus kémiai adatait és a projekt egyéb, térbeli adatait integrálja analízis, térképezés és riportálás céljából. Eredményképpen egy ArcGIS alapú környezetvédelmi döntéstámogató eszközt kaptak, amely a mintavételi és analitikai eredmények nyomon követését összegzi.

Raheja (2002) a GIS alapú szoftverek fontosságát hangsúlyozza a környezetvédelmi kockázatelemzésekben. Az alkalmazás komponens bázisú architektúrára épül, lehetőséget ad a komplex, soktényezős, skálázható komponensű rendszerek modellezésére. A széleskörű GIS alkalmazás eredményét térbeli és analitikus modell eszközökkel érte el. Ezáltal a környezetvédelmi kockázatelemzést különféle módokon használhatták, mint pl. viszonylagos kockázat elemzés, költséghaszon analízis, valószínűség számítás, döntésmátrix, stb.

Dél Nevada Földhivatalának 2004. évi projektje egy olyan automatikus rendszer fejlesztése volt, amely megnöveli a környezeti hatásvizsgálatok és a regionális nyersanyag gazdálkodási rendszerek hatékonyságát, valamint javítja ezek minőségét. Ennek keretén belül figyelembe veszi a faj és élőhely megőrzést, a monitoringot és a döntés-előkészítést. Segíti a kumulatív környezeti hatások elemzését, koordinálja a döntéshozatalt a természetes élőhelyek csökkenésének megállítására. Alkalmazása magas biztonságot és flexibilitást nyújt az elemzéshez és a tervezéshez, a széles körű környezetvédelmi irányítás során.

A Fuzzy-logika térhódítása is egyre jelentősebb. Az utóbbi években megjelentek a környezetvédelmi alkalmazásai is.

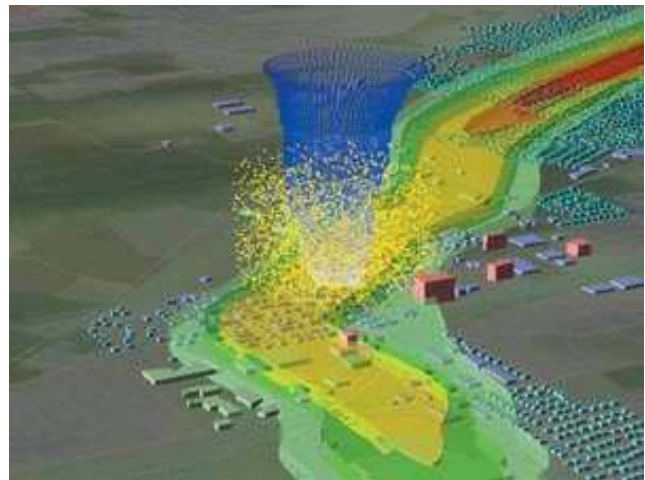
Marusich (2001) a fuzzy-logika analízisét használja fel környezeti hatások elemzésére, mexikói és kanadai esettanulmányokon keresztül. A kanadai hatásvizsgálat során a minőségi és mennyiségi adatok kombinációja alapján azonosítja a hatásokat, beleértve a szociális hatásokat, amelyek a professzionális megítélésen túl értelmezhetők. A nehezen összevethető biofizikai és szociális hatások összehasonlítására tesz kísérletet a Fuzzy-logika alkalmazásával a mexikói területen, amely megengedi a mennyiségi és minőségi paraméterek számszerű kifejezését azonos skálán. A két különböző alkalmazás eredményeit összehasonlítja, elemzi az erősségüket, alkalmazási gyengeségüket és egy alternatív módszert javasol az első megoldás helyett, melyben integrálja a két módszer erősségét és eliminálja a

gyengeségeket. Az alternatív módszer Fuzzy-logikán alapul és sokkal több hatást vizsgál, mint az eredeti felmérés.

Mind a hazai és mind a külföldi irodalomban megfigyelhető, hogy növekszik a térinformatikai rendszerek környezetvédelmi alkalmazásainak a száma, amelyek nem csupán az ábrázolásra, illetve a megjelenítésre korlátozódnak, hanem komplex környezeti hatás- és felülvizsgálatokban nyújtanak segítséget, elindulva a döntéstámogató rendszerek kialakítása felé, segítve a döntéshozókat a komplex térbeli problémák megoldásában. A komplexitással párhuzamosan fejlődik annak az igénye is, hogy a különböző mennyiségi és minőségi adatokat számszerűsítve, egy rendszerben feldolgozva kezeljék. Ennek az igénynek a kielégítésére alkalmas a szabályozási és vezérlési rendszerekben már alkalmazott Fuzzy-logika.

A következő években várható a környezeti hatás-, és felülvizsgálatok, veszélyanalízisek és a térinformatika integrációja, illetve e rendszerekbe a Fuzzy-logika adaptációja.

Példaként említhetjük, más alkalmazások közül, a texasi Dallas- Fort Worth Hurrikánfigyelő (7. ábra), előrejelző rendszerét, a tragikus 2002. szeptember 11-i New York-i terrortámadás után összeállított közmű adatszolgáltató rendszert, a floridai Nemzeti Parkok állomány-nyilvántartó és gazdálkodó rendszerét. De említhetnénk az egyre jelentősebbé váló, GPS-en alapuló, on-line útvonalkereső, valamint a telekommunikációs rendszereket is. (ARC/INFO)



7. ábra. Tornádó útmodellező rendszer szemléltetése

Saját kutatásaimnak közvetlen előzménye, a diplomatervem keretében kidolgozott **IMPACT** városi környezet minősítő rendszer, beleértve a szennyező komponensek értékelési rendszerét, és döntési súlyát. Az IMPACT - mint hatás, hatások összessége - egy mozaikszó, a különböző szennyező anyagok, környezeti hatások angol megfelelőjéből adódott. A rendszer lényege a soktényezős térképszintézis volt (Bogdán 1997).

Doktori cselekményemben az említett előzményekre alapozva, a GIS rendszerek adatfeldolgozó, adatbázis-kezelő, grafikus megjelenítési lehetőségeit felhasználva, külső analitikus modellező eszközök integrálásával, szakértői rendszer kialakításával, és a Fuzzy-logika alkalmazásával végeztem el kutatásaimat.

3. A környezeti elemek és a szennyezőanyagok transzportfolyamatai

3.1. A vizsgált környezeti tényezők ismertetése

A jelenleg hatályos (a 2.1. pontban ismertetett) jogszabályok alapján az általam kidolgozott, és a 4.1. pontban bemutatott, értékelési rendszerrel a következő környezeti elemeket lehet kezelni:

- levegő,
- felszíni víz,
- zaj,
- felszín alatti víz,
- talaj,
- egyéb tényezők, mint pl. élővilág.

Az értékelő rendszerhez szükséges környezeti elemek alapadatai, részletezve, a következők:

Levegő

- A berendezések pontforrásainak levegőszennyező emissziója, a transzportfolyamatok révén kialakult immisszió.
- A szállítások levegőszennyező hatása, beleértve a személygépkocsi- és a tehergépjármű forgalmat is, az utak lakott területi, valamint lakott területen kívüli szakaszán.

Víz

- A keletkezett ipari és kommunális szennyvizek felszíni vizekbe kibocsátott komponensei, azok eloszlása.

Zaj

- A területen működő munkagépek és berendezések zajkibocsátása, a kialakult zajterhelés a receptorpontokban.
- A szállítások zajterhelő hatása, beleértve a személygépkocsi és a tehergépjármű forgalmat is az utak lakott területi és azon kívüli szakaszán.

Felszín alatti víz

- A keletkező hulladékok munkahelyi és üzemi gyűjtéséből, veszélyes anyagok tárolásából adódó esetleges szennyeződések.
- Felszín alatti szennyezőanyag-terjedés.

Talaj

- A felszín alatt és felett elhelyezkedő folyékony és gáznemű anyagokat tartalmazó tartályok. Az esetleges kibocsátások függőleges irányú terjedése, vízszintes irányú kiterjedése.

Egyéb

- Az élővilág negatív és pozitív változásainak térbeli kiterjedése (növényzet és állatvilág).
- Esetleges radioaktív sugárzás.
- Minden, az előző pontokba be nem sorolható szennyező komponens.

A vizsgálatokhoz szükséges adatokat mérés és modellezés szolgáltathatja. Konkrét telephelyek környezeti hatásainak elemzésére leginkább alkalmas eszköz a mérés. Azon esetekben, mikor egy létesítendő üzem környezeti hatásaira vagyunk kíváncsiak, az alkalmazott megoldás a szennyező komponensek terjedési modellezése. A kibocsátási adatokból, a 3.2. pontban felsorolt számítási módszerek segítségével, transzportfolyamatok modellezésével, lehetséges a szennyező anyagok eloszlását kalkulálni.

3.2. *A szennyezőanyagok transzportfolyamatai*

3.2.1. *Levegő*

3.2.1.1. *A levegőszennyezés matematikai modellezése*

A levegőtisztaság-védelmi döntések alapja a levegőminőség matematikai modellezése. A matematikai modellezés célja és eredménye az egyes források, ill. forráscsoportok okozta légszennyezés meghatározása, előrejelzése. Alapegyenleteinek ismertetése az alábbiak szerint (Gács, Katona 1998):

Forrás modell. A forrásmodell a termelési folyamat, valamint a szennyezőanyag kibocsátás mennyiségi viszonyai közötti kapcsolatot írja le. Fajlagos kibocsátási tényezők segítségével jellemezhető, amelyek megadják az egységnyi termeléshez tartozó szennyezőanyagokénti kibocsátásokat.

Terjedési modell. A szennyezőanyagok légköri terjedésének leírására használatos a T transzmissziós függvénnyel, amelynek bemenő paramétere nagyszámú, kimenete pedig egy négyváltozós eloszlás (három térkoordináta és az idő). A transzmissziós függvény az egységnyi emisszió hatására kialakuló immiszió. Az eredő immiszió eloszlás az i-edik szennyezőanyagra a következő módon írható fel:

$$q_i(\vec{r}, t) = \sum_j Q_{i,j} * T_j + q_a \quad (2)$$

ahol j a szennyezőforrás futóindexe, q_a pedig az alapterhelés.

A transzmissziót befolyásoló főbb tényezők a következő négy csoportba sorolhatók:

- a forrás jellemzői: hőkibocsátás, kémény méretei, gázsebesség,
- a szennyezőanyag jellemzői: átalakulási, ülepedési tulajdonságok,
- a meteorológiai jellemzők: szélirány, szélsébség, légköri stabilitás, csapadék és ezek időbeli eloszlása, gyakoriság függvényei,
- a környezet jellemzői: beépítettség, domborzat, növényzet viszonyai.

Egyszerűsített értékelés. A költség-haszon elemzésen alapuló döntés-, hatás-, károsodási- és értékmodell nem teljes kidolgozottsága miatt a gyakorlatban leegyszerűsödik. Az eljárás során a matematikai modellezésnek első két részmodelljét végrehajtva, az eredményül kapott immisziókat "normaértékekkel" összehasonlítva hoznak döntéseket. Ezeknek az értékelési típusoknak még nincs kialakult, általánosan elfogadott metodikája.

Hatás és károsodási modell. Ez a modell az egyik legkevésbé kialakult, kidolgozott. Sok esetben a szétválasztás sem lehetséges, hiszen az élő vagy élettelen objektumokra ható

dózisok (két modell csatlakozási pontjának) meghatározási módja a károsodási folyamat függvénye.

Érték modell. Az érték modell, a döntési folyamat azon eleme, amely szerint: a társadalmi szintű összköltség minimumára kell törekedni. Gyakorlati alkalmazását nehezíti, sokszor lehetetlenné teszi, hogy pénzben kifejezhető költségeket kell összevetnie olyan hatásokkal (egészségügyi, ökológiai, esztétikai károk), amelyek pénzbeni értéke alig vagy egyáltalán nem határozható meg.

3.2.1.2. A terjedés modellezése

A szennyezőanyagok légköri terjedése modellezésének célja a kibocsátó források környezeti hatásának vizsgálata. Hatályos jogszabályok rögzítik az "elviselhető" környezeti hatás mértékét.

A légszennyezések vizsgálatára mérési és számítási eszközök állnak rendelkezésünkre. A megbízhatóbbnak tűnő konkrét immisszió mérésnek a következő hátrányai vannak (Gács - Bodnár 1994):

- hosszú időt vesz igénybe,
- viszonylag költséges,
- a mérési hely megválasztása terepviszonyok (hozzáférhetőség) függvénye,
- a mért értékből nem lehet különválasztani a vizsgálni szándékozott objektum hatását a többi forrásától és az alapterheléstől,
- csak a meglévő szennyező objektumokra lehet alkalmazni, vagyis egy új (a tervezés fázisában lévő) létesítmény várható levegőkörnyezeti hatása ilyen módon nem prognosztizálható,
- a mérési pontosság, valamint a mérési és kiértékelési folyamat nagymértékben függ a mért szennyezőanyagtól és annak kibocsátott mennyiségétől.

A számítással végzett modellezés ezzel szemben:

- rendkívül rövid idő alatt elvégezhető,
- jelentősen olcsóbb,
- lényegesen hosszabb időszak, akár több évtized statisztikai adatait tartalmazó meteorológiai adatbázis felhasználásával végezhető,
- olyan pontok immissziós viszonyai is számíthatók, amelyeken mérőkészülékek fizikai elhelyezése lehetetlen, vagy csak nagyon nehezen lenne megvalósítható,
- az immissziós viszonyok alakulása előre jelezhető, ennek főleg a tervezett új létesítmények környezeti hatásvizsgálatánál van kiemelkedő jelentősége,
- a rendkívül kis mennyiségben előforduló (gyakorlatilag mérhetetlen) de ugyanakkor nagyon veszélyes szennyezőanyagok (pl. PCB, fémek, radioaktív anyagok) terjedése is követhető.

Természetesen a matematikai modellezésnek is vannak hátrányai. Ezek közül a jelentősebbek:

- a számítások eredményei csak annyira lehetnek megbízhatóak, mint a terjedési modellek, vagyis az emberi ismeret korlátozza a pontosságot,

- a számítások végrehajtásához – a modellek korlátai miatt – általában igen sok egyszerűsítő feltevéssel, közelítéssel szükséges élni, amelyek szintén rontják a megbízhatóságot.

A terjedési modellek fajtái. A szennyezőanyagok légköri koncentrációja térbeli és időbeli alakulásának leírására sok különböző modellt alakítottak ki. A modellek legfontosabb jellemzői a térbeli és időbeli kiterjedés, valamint állandó vagy időfüggő voltak. A térbeli és időbeli kiterjedést nem lehet egymástól függetleníteni.

A kontinentális és regionális modellek a térbeli síkon kisebb részt jelentenek. Ezek vizsgálhatják a kibocsátások alakulásának hatását több évtized időtávlatában (pl. Alcamo et al. 1984) az európai savas ülepedés leírására), egyes nagyobb térségek kibocsátásainak együttes hatását (pl. Szepesi, Popovics, Fekete 1982 és Feketéné 1987), vagy egyedi nagy kibocsátások igen nagy távolságú hatását. Ez utóbbi kategóriába tartozik pl. a MESOS modell, amellyel többek között a csernobili baleset radioaktív felhőjének terjedését is modellezték (ApSimon 1985, ApSimon és Wilson 1986).

Az egyedi kibocsátások vizsgálatára a füstfáklya-modellek alkalmasak.

A terjedési modelleket szemléletük szerint két nagy csoportba szokás sorolni:

- a) Az Euler-i szemléletű modellek a földhöz rögzített koordináta-rendszerben vizsgálják a terjedési folyamatot.
- b) A Lagrange-i szemléletű modellek a hígulási, átalakulási stb. folyamatokat a mozgó levegővel együtt haladva vizsgálják.

Szepesi (1989) az általa ismertetett terjedési modelleket a következő kategóriákba sorolja:

- Egyszerű determinisztikus modellek. Empirikus adatokon alapulnak, legegyszerűbb formában csak levegőminőségi indexet használnak, fejlettebb formában (területi forrás ill. rollback modellek) az emisszió és az immisszió között írnak fel, tapasztalati alapokra építve, lineáris kapcsolatokat.
- Statisztikus modellek. Egyidejűleg észlelt meteorológiai és levegőminőségi adatokra épített matematikai-statisztikai modellek.
- Füstfáklya- és puff modellek. Folyamatos és pillanatszerű kibocsátások lokális hatásának követésére alkalmas modellek.
- Box és multibox modellek. A diffúzióegyenlet integrális formáját használó modellek, amelyek egy-egy terület feletti “levegődoboz”-ban lévő szennyezőanyag-mennyiség változását írják le, a boxon belül homogén eloszlás feltételezésével.
- Grid modellek. A transzport- és diffúzióegyenlet véges differenciákkal való megoldásával dolgozó numerikus modellek.
- Részecske modellek. Vegyes szemléletű modellek, amelyek a szennyezőanyag mozgását követik egy Euler-i hálózat (grid) rendszeren keresztül.
- Fizikai modellek. Szélcsatornában, folyadék-térben megépített léptékhű modellezés.
- Regionális modellek. Több száz kilométeren keresztül követik a szennyezőanyag terjedését. Legjellemzőbb a Lagrange-i trajektória modell, de ide sorolhatók némely grid ill. részecske modellek is.

A füstfáklya-modellek jellemzői. A füstfáklya-modellek egyedi kibocsátások lokális hatásának vizsgálatára kerültek kialakításra. Az esetek többségében stacioner állapotokat vizsgálnak, érvényességük általában néhány száz kilométerre, ill. a stacioner kibocsátási és

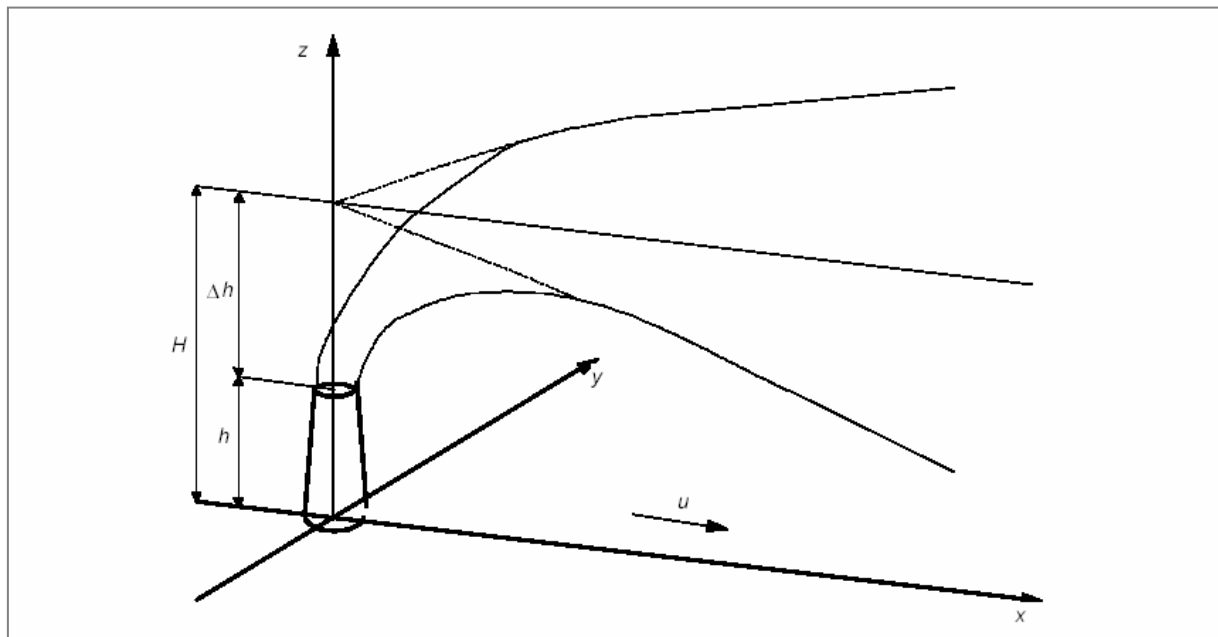
meteorológiai állapotok fennállásának idejére terjed ki. Nem, vagy csak nehézkesen, pontatlanul használhatók komplex felszín feletti, vagy extrém meteorológiai körülmények közötti terjedés követésére.

A füstfáklya-modellek a terjedési folyamat leírására egy olyan derékszögű koordinátarendszert használnak, amelynek az origója a szennyezőforrás (kémény) talppontja, az x tengely a széliránnyal párhuzamos, az y tengely erre merőleges, vízszintes irányú, a z tengely pedig függőleges, felfelé mutató. A földfelszínről feltételezik, hogy a vizsgált területen vízszintes sík, vagyis az xy síkkal azonos (8. ábra).

A füstfáklya-modellek azzal a feltételezéssel élnek, hogy a kialakuló koncentráció arányos a forrásereőséggel és fordítottan arányos a szélességgel. A kiszélesedési folyamatot a szélmező örvényességének tulajdonítják és ennek intenzitását vizsgálják. A legelterjedtebb modellek a

$$q(x, y, z) = A * \exp \left[- \left(\frac{y}{B} \right)^r - \left(\frac{H - z}{C} \right)^s \right] \quad (3)$$

sémába illő explicit kifejezéseket használják a koncentráció eloszlás leírására. Az A , B és C jelű kifejezéseket, valamint az r és az s kitevőket a különböző modellek eltérően adják meg. Bosanquet és Pearson (1936) modelljében pl. $r = 2$ és $s = 1$, Calder (1949) modelljében mindkét kitevő értéke 1, míg a legjobban bevált Gauss típusú modelleknél (pl. Sutton 1953, Slade 1968) $r = s = 2$. (Gács 1998).



8. ábra. A füstfáklya helyzete a koordinátarendszerben (Gács - Katona 1998).

A füstfáklya-modellekkel közeli rokonságot mutatnak az ún. puff modellek, amelyek pillanatszerű forrásokból kikerülő szennyezőanyag terjedését matematikailag a füstfáklya-modellekhez hasonló módon írják le.

A szennyezőanyagok terjedését befolyásoló tényezők a következők (Magyar 2000):

- a légkör hőmérsékleti rétegződése és stabilitása,
- a légkör termikus egyensúlyi állapota,
- labilis és stabil légállapot,
- stabilitás hatása a szennyezőanyag terjedésére,
- a szél,
- az effektív forrásmagasság.

A légkör termikus egyensúlyi állapota:

A szennyezőanyagok terjedése szempontjából a légkör egyik legfontosabb jellemzője a hőmérséklet magasság függvényében bekövetkező változása. A függőleges irányú hőmérséklet gradienst ($\Delta t/\Delta z$), jellegzetesen ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)-ben adják meg. Előjele "+", ha a magasság függvényében, annak növekedésével a hőmérséklet is nő.

Mikor van a légkör termikus egyensúlyban? Ehhez azt kell megvizsgálni, hogy mennyire változik meg egy Δz függőleges elmozdulás hatására a levegő hőmérséklete.

A magasságváltozás hatására bekövetkező nyomásváltozás:

$$\Delta p = -\gamma \Delta z = -\frac{1}{v} \Delta z \quad (4)$$

ahol γ a levegő fajsúlya, v a levegő fajtérfogata.

Ennek a nyomáskülönbségnek a hatására a levegő adiabatikus állapotváltozást szenved.

Amelyre a következő összefüggések érvényesek:

$$p^{\frac{1}{\kappa}} T = \text{konst.}$$

$$\Delta T = \frac{T}{p} \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right) \Delta p \quad \text{ahol } \kappa \text{ az adiabatikus expanzió kitevője.} \quad (5,6,7)$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta z} = -\frac{T}{pv} \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right) = -\frac{1}{R} \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right)$$

A légkör stabilitását befolyásoló tényezők közül a legfontosabb a hősugárzás, a terület felett haladó légtömegek hatása és az emberi tevékenység által a légkörbe bocsátott hőmennyiség.

A közepes földrajzi szélességeken az atmoszféra stabilitása nagymértékben függ a terület felett haladó légtömegek típusától. Két csoportra lehet őket bontani: sarki légtömegek és tropikus légtömegek.

Az emberi tevékenység által kibocsátott hőmennyiségek hatása a városokhoz, iparterületekhez köthető. Sok esetben ezeken a helyeken a környezettől lényegesen eltérő hőmérsékletmező alakul ki.

A stabilitás hatása a szennyezőanyagok terjedésére

A szél. A szennyezőanyagok terjedése a légkör alsó néhány száz, esetleg ezer méteres rétegében, a földfelszínhez közeli ún. határrétegben történik. Ebben a tartományban a szél keletkezése és szerkezetének kialakulása három erő hatására vezethető vissza:

- a vízszintes nyomásgradiensből adódó erő,
- a Föld forgása miatti Coriolis-erő,
- a földfelszín közelsége miatt keletkező súrlódási erő.

Az effektív forrásmagasság. A légkörbe bocsátott szennyezőanyagok mozgásának két alapvető része a következő:

- a kibocsátott szennyezőanyag a forrást elhagyva felemelkedik,
- az emelkedés után úgy terjed és hígul, hogy a szennyezésselhő tengelyének magassága nem változik.

A felemelkedésnek két oka lehetséges: a kibocsátott anyag mozgási energiája és a környezeti levegőtől való eltérő sűrűsége. A kilépés utáni felemelkedés neve járulékos kéménymagasság. A forrás effektív magassága a forrás geometriai és járulékos magasságának összege. Ennek meghatározására számos empirikus összefüggést állítottak fel. Széles körben három formula használata terjedt el: a Holland-formula, a Briggs-formula és a Concawe-formula. (Magyar 1997).

A három formulával kiszámított értékeket összehasonlítva általában a Holland-formula adja a legkisebb, a Briggs-formula pedig a legnagyobb értékeket. Leggyakrabban az egyszerűsített Briggs formulát használják (8) az effektív forrásmagasság kiszámítására:

$$H = h + 114k \frac{\left[g v_s \left(\frac{D}{2} \right)^2 \frac{T_s - T_K}{T_K} \right]^{1/3}}{u}, \text{ ahol} \quad (8)$$

T_s - a kilépő gáz hőmérséklete,
 T_K - a környezeti hőmérséklet,
 v_s - a kilépő gázsebesség,
 D - a kémény átmérője,
 u - a szélesebbesség,
 k - stabilitástól függő szorzótényező,
 h - a kéménymagasság.

Módszerek és modellek

Rövidtávú terjedési modellek esetében, a turbulencia a meghatározó, míg hosszú távú terjedési modellek esetében a turbulencia elhanyagolható, előtérbe kerül a kémiai reakcióknak és az ülepedésnek a szerepe.

A légköri diszperzió számításának legáltalánosabban elfogadott módszerei Roberts, Sutton, Pasquill, Gifford és Turner által módosított egyenleteken alapszanak. Az egyenletek a következő alapfeltételek teljesülése esetén érvényesek:

- folyamatos kibocsátás, vagy a kibocsátás időtartama az elszállítódás időtartamával megegyezik, vagy annál hosszabb, ezért az elszállítódás irányába eső diffúzió elhanyagolható,
- a kibocsátott szennyezőanyag konzervatív tulajdonságú gáz vagy aeroszol (a részecskék átmérője 10 μm -nél kisebb), amely lebegő állapotban marad hosszabb időtartamon keresztül,

- az anyagmegmaradás elve teljesül, azaz a kibocsátott anyagból semmi sem kerül ki az elszállítódás folyamán, és a talajt tökéletes visszaverő felületnek tekintjük,
- az x tengely a szél irányába esik és az átlagos szélesség arra a rétegre jellemző, ahol a terjedés végbemegy,
- a füstfáklyát alkotó szennyezőanyag normál eloszlású mind a szélre merőleges, mind vertikális irányban,
- a felszín érdességi elemeiről feltételezzük, hogy homogén eloszlásúak, amely a horizontális síkban homogén turbulenciát eredményez,
- a turbulenciát stacionernek tekintjük, azaz nincs időbeli változás az örvényességben.

Gázok, vagy ($10 \mu\text{m}$ -nél kisebb) részecskék koncentrációját a H effektív kéménymagasságú, folytonos forrástól számított (x,y,z) pontban a következő egyenlet adja meg. (Rövid átlagolási időtartam, folytonos pontforrás, a kémiai átalakulás, nedves, ill. száraz ülepedés elhanyagolásával):

$$R(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_z\sigma_y u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (9)$$

ahol

H - a füstfáklya középvonalának magassága [m],

z - a fizikai kéménymagasság [m],

σ_y, σ_z - standard deviációk [m],

u - átlagos szélesség [m/s],

Q - a szennyezőanyag kibocsátás [mg/s],

A következő feltételezések szükségesek: a füstfáklya szóródása a horizontális és vertikális síkokban Gauss-féle eloszlású. Az egyenlet akkor érvényes, ha a füstfáklya-elszállítódás irányába ható diffúzió elhanyagolható.

Talajszintre ($z=0$) érvényes koncentráció esetén az egyenlet tovább egyszerűsödik.

$$R(x, y, 0, H) = \frac{Q}{\pi\sigma_z\sigma_y u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (10)$$

Ha füstfáklya tengelye alatt, talajszintre nézzük, tovább egyszerűsödik az egyenlet:

$$R(x, 0, 0, H) = \frac{Q}{\pi\sigma_z\sigma_y u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \quad (11)$$

Az egyenletekben lévő H értéke (8) egyenlet alapján számítható.

Talajközeli izokoncentráció matematikai ábrázolása:

$$\frac{R(x, y, 0, H)}{R(x, 0, 0, H)} = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \quad (12)$$

adott x értéknél pl. 2.6 mg/m³ a koncentráció, a képlet alapján meg tudjuk mondani, mely y értéknél lesz pl. 1 mg/m³.

Pillanatnyi kibocsátású források:

$$R(x, y, 0, H) = \frac{2Q_T}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}\sigma_z\sigma_y\sigma_x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-ut}{\sigma_x}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \quad (13)$$

azonban ezek a σ értékek nem azonosak a 9.-12. képletben alkalmazottakkal.

A helyes becslés érdekében két szélsőséges időjárási feltételezést szokás figyelembe venni, ahol a legmagasabb immissziós koncentrációk fordulhatnak elő. Talajközeli források maximális koncentrációja stabilis légrétegződés esetén fordulhat elő. Magas forrásból kibocsátott szennyezőanyag okozhat magas immissziós koncentrációt labilis feltételek között különböző esetekben is. Ilyen eset lehet a füstfáklya áthelyeződése, vagy a gyors szétkeveredés miatti koncentráció-növekedés. Ezek azonban általában rövid ideig tartanak. Stabil feltételek esetén magas forrásból kibocsátott szennyeződés talajközeli koncentrációja kisebb, mint labilis feltételek esetén. A magasabb koncentrációk nagyobb távolságoknál és nagyobb területen fordulnak elő, így ez különösen jelentőssé válhat, ha az emissziók egynél több forrásból származnak.

Mindezek figyelembevételével a modellszámításokat a két szélsőséges meteorológiai állapotra, a rájuk jellemző paraméterek alapján lehet elvégezni.

A későbbi vizsgálatok során az említett modellezési eljárásokat, illetve ezekből is a füstfáklya modellt, használtam fel a levegőszennyezések térbeli kiterjedésének számításához.

3.2.2. Zaj

A zajvédelmi döntések alapja a területek zajterhelés mértékének megállapítása matematikai modellezéssel, vagy méréssel. A matematikai modellezés célja és eredménye az egyes források, ill. forráscsoportok okozta zajterhelés meghatározása, előrejelzése, míg a mérés egy kialakult, komplex helyzet bemutatását célozza meg. Hatályos jogszabályok rögzítik az "elviselhető" környezeti zajterhelés mértékét.

A zajterhelés vizsgálatára mérés és számítási eszközök állnak rendelkezésünkre. A megbízhatóbbnak tűnő, konkrét mérésnek, a levegőszennyezettség méréséhez hasonló hátrányai vannak:

- hosszú időt vesz igénybe,
- a mérési hely megválasztása a terepviszonyok (hozzáférhetőség) függvénye,
- a mért értékből nem lehet különválasztani a vizsgált objektum hatását a többi forrástól és az alapterheléstől,

- csak a meglévő kibocsátó objektumokra lehet alkalmazni, vagyis egy új (a tervezés fázisában lévő) létesítmény várható zajterhelési hatása ilyen módon nem prognosztizálható.

A számítással végzett modellezés ezzel szemben:

- rövid idő alatt elvégezhető,
- olyan pontok zajterhelési viszonyai is számíthatók, amelyeken mérőkészülékek fizikai elhelyezése lehetetlen, vagy csak nagyon nehezen lenne megvalósítható,
- az zajterhelési viszonyok alakulása előre jelezhető, ennek főleg a tervezett új létesítmények környezeti hatásvizsgálatánál van kiemelkedő jelentősége.

Természetesen a matematikai modellezésnek is vannak hátrányai. Ezek közül a jelentősebbek:

- a számítások eredményei csak annyira lehetnek megbízhatóak, mint a terjedési modellek, vagyis az emberi ismeret korlátozza a pontosságot,
- a számítások végrehajtásához – a modellek korlátai miatt – általában igen sok egyszerűsítő feltevéssel, közelítéssel szükséges élni, amelyek szintén rontják a megbízhatóságot,
- komplex rendszerek, nagyszámú zajforrás esetén megnövekszik a számítási idő, az eredő zajkibocsátás értéke bizonytalanná válik.

3.2.2.1. A zajterhelés modellezése

A hangforrásoktól származó zajterhelés számítására az: MSZ 15036 Hangterjedés a szabadban című szabvány ad lehetőséget:

$$L_t = L_w + K_{ir} + K_{\Omega} - K_d - K_L - K_m - K_n - K_B - K_e, \quad (14)$$

ahol:

L_t = a terhelési pontban fellépő hangnyomásszint,

L_w = hangteljesítményszint,

K_{ir} = a zajforrás iránytényezője,

K_{Ω} = a sugárzási szög miatti korrekció,

K_d = a távolság miatt fellépő csillapodás hatását kifejező korrekció,

K_L = a levegő elnyelő hatását kifejező korrekció,

K_m = a talaj és meteorológiai viszonyok csillapító hatását kifejező korrekció,

K_n = a növényzet csillapító hatását kifejező korrekció,

K_B = a lakott terület beépítettségének csillapító hatását kifejező korrekció,

K_e = zajárnyékoló létesítmény beiktatásának vesztesége.

A források jellege miatt a számítás során a zajforrás iránytényezője miatti, illetve a sugárzási szög, növényzet miatti korrekciók K_{ir} , K_{Ω} , K_n értéke 0. Az épületeknek és egyéb zajárnyékoló szerkezeteknek, hangvisszaverő felületeknek a zajcsillapító hatásával a biztonság javára tévedve nem veszem figyelembe. Emiatt K_B , K_R , K_e értéke 0.

A levegő elnyelő hatása (K_L) a tervezéshez felhasználandó 500 Hz-en, 10 °C fokon és 70 %-os páratartalom mellett, 1,93 dB/km.

A talaj és a meteorológiai viszonyok ugyancsak hatást gyakorolnak a zajterhelésre. A talaj és a meteorológiai viszonyok csillapító hatásának megállapítása az alábbi képlet segítségével történt:

$$K_m = (4,8 - 2h_m/s_t)(17 + 300/s_t), \quad (15)$$

ahol: h_m = a terjedési út közepes föld feletti terjedési magassága = 1 m

A távolság miatti korrekció a legközelebbi lakóházhoz viszonyítva:

$$K_d = 20 \lg(s_t/s_0) + 11 \quad (16)$$

ahol: s_t = az észlelési távolság (m) s_0 = vonatkozási távolság = 1 m

A közlekedésből származó zajterhelést az ÚT 2-1.302 Útügyi Műszaki leírás, Közlekedési zaj számításáról szóló rendelkezés alapján megállapított járműkategóriák, illetve számítási módszer szerint lehet számítani.

2. táblázat. Forgalmi járműkategóriák az ÚT 2-1.302 szerint

Jelölés, K	Járműkategória megnevezése ÚT 2-1.109	Akusztikai járműkategória
1	Személy- és kisteher-gépkocsi	I
2	Szóló autóbusz	II
3	Csuklós autóbusz	III
4	Könnyű tehergépkocsi	II
5	Szóló nehéz tehergépkocsi	III
6	Tehergépkocsi szerelvény	III
7	Motorkerékpár és segédmotoros kerékpár	II

Az egyes akusztikai járműkategóriákhoz tartozó évi átlagos nappali óraforgalom:

$$Q_{1n} = A_{1n} * \dot{A}NF_1 / 16 \quad (17)$$

$$Q_{2n} = A_{2n} * (\dot{A}NF_2 + \dot{A}NF_4 + \dot{A}NF_7) / 16 \quad (18)$$

$$Q_{3n} = A_{3n} * (\dot{A}NF_3 + \dot{A}NF_5 + \dot{A}NF_6) / 16 \quad (19)$$

A referencia egyenértékű A hangnyomásszint számítása

$$L_{Aeq}(7,5) = 10 * \lg \left[\sum_{i=1}^n 10^{0,1 * L_{Aeq}(7,5)} \right] \quad (20)$$

Az $L_{Aeq}(7,5)$ számítása:

$$L_{\text{Acq}}(7,5) = (K_t + K_D) \quad (21)$$

3.2.2.2. *A zajterhelés mérése*

A modellezésen kívül a másik módszer a mérés. Ennek követelményrendszerét a következők írják le: 12/1983 (V.12.) MT sz., 8/2002 (III.22.) KöM-EüM sz., MSZ 13-111:1985 sz., MSZ 18150-1:1998 sz.

A később bemutatott kutatások során végeztem el az üzemelésből származó zaj mérését, valamint a közlekedésből származó zaj számítását a fenti rendelkezések alapján.

3.2.3. *Feszíni-, felszín alatti víz és a talaj vizsgálata*

A felszíni-, felszín alatti vizekben, talajban történő szennyezőanyag terjedést együtt vizsgáljuk, mert ezek, illetve az ezekben lejátszódó transzportfolyamatok szervesen összetartoznak elkülönítésük nem lehetséges.

3.2.3.1. *A hidrodinamikai és transzportmodellezés*

A hidrodinamikai és transzportmodellezés, a valóságban a felszín alatt lejátszódó vízmigrációs és ezekhez kapcsolódó szennyezőanyag terjedési folyamatok szimulációja, követése számításokkal. (Kovács, 2003)

A modellezés célja a felszín alatti víz szivárgási irányainak és sebességének kijelölése, a víz nyomásszintjeinek számítása a térben és az időben. A felszín alatti vizek mozgását szimuláló modelleket hidrodinamikai modelleknek nevezzük, amelyek eredményeinek felhasználásával különböző szennyezőanyagok mozgását, azaz a koncentrációk tér- és időbeli alakulását is számíthatjuk. Ezeket a rendszereket transzportmodelleknek nevezzük.

A hidrodinamikai modellezés során a szivárgás alapegyenletét, a transzportmodellezéskor a szennyezőanyagok migrációját leíró ún. transzport-egyenletet oldjuk meg. Az egyenletek megoldása mind analitikus, mind numerikus úton történhet. A hidrodinamikai és/vagy transzportmodellek általában numerikus modellek, melyek általában a véges differencia, vagy a véges elem módszer alkalmazásán alapulnak.

3.2.3.2. *A víz porózus közegbeli mozgásának törvényszerűségei*

A hidrodinamikai modellezés elméleti alapjai

A hidrodinamikai modellezéssel a vízmozgás alapegyenletének megoldását keressük állandó és nem állandó szennyezés, illetve telített vagy telítetlen közegben. A szivárgás alapegyenletének levezetését az ismert, felszín alatti szivárgásokkal foglalkozó hidraulika könyvek (Bear-Verruijt 1987; Kinzelbach 1986; Freeze-Cherry 1979) részletesen ismertetik.

A szivárgás alapegyenlete matematikai formában – Darcy törvény - írja le a vízmozgás törvényszerűségeit.

Az eredményként kapott parciális differenciál-egyenlet egymástól alig eltérő formában írható fel az állandó és nem állandó, telített közegbeli áramlás esetére, sőt kiterjeszhető a telítetlen közegbeli szivárgásokra is.

Állandó szivárgás telített közegben

Telített közegben a permanens vízmozgás leírására az alábbi egyenlet szolgál:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0. \quad (22)$$

Amennyiben a közeg anizotróp, akkor a szivárgási tényező vektor k_x , k_y és k_z komponensei nem egyenlők. Ekkor a szivárgás alapegyenlete anizotróp, porózus, telített közeg esetére permanens állapotot feltételezve:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = 0, \quad (23)$$

ahol k_x , k_y és k_z a szivárgási-tényező tenzor főátlójának elemei.

Nem állandó szivárgás telített közegben

A nem-permanens szivárgás telített közegbeli alapegyenlete:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = \rho S_s \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (24)$$

ahol ρ a folyadék sűrűsége, S_s a fajlagos tárolási tényező.

Nem állandó szivárgás telítetlen közegben

A szivárgás alapegyenletének szokásos formája telítetlen közeg esetére:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k(\psi) \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k(\psi) \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k(\psi) \frac{\partial h}{\partial z} \right) = \frac{\partial \Theta}{\partial t} \quad (25)$$

ahol Θ a telítettség

A szivárgás alapegyenletének megoldási módjai

A szivárgás alapegyenletét mind analitikus, mind numerikus úton meg lehet oldani. Az analitikus megoldásokat az egyenletek integrálásával kapjuk meg.

A numerikus megoldások matematikai szempontból közelítő megoldások, amelyek figyelembe veszik a képződmény jellemzők tér és időbeli változásait. A numerikus megoldások általában egy egyenlet-rendszer vagy mátrix-egyenlet iteratív megoldására vezetnek vissza a vizsgált problémát. A megoldás közelítő, ezért numerikus hibákkal is számolni szükséges. A szivárgás alapegyenletének, napjainkban használatos, legismertebb numerikus megoldásai a véges differencia módszerrel és a véges elem módszerrel történő megoldások.

Analitikus megoldások a Kovács (2003) szerinti felosztásban

A Laplace-egyenlet felhasználásával egy nem áramló talajvízre telepített végtelen hosszú galéria egységnyi hosszú szakszán a galéria egyik oldalán belépő q_g hozamot zárt tükrű, m vastagságú vízáadó esetén:

$$q_g = mv = m \cdot kI = m \cdot k \frac{dh}{dx} = mk \frac{H - h_0}{R}, \quad (26)$$

ahol R a galéria távolhatása, k a vízáadó szivárgási tényezője, H a nyomásszint a galéria hatóterületén túl és h_0 a nyomásszint a galériában.

Nyílt-tükrű, oldalról táplált galéria esetén :

$$q_g = hv = h \cdot kI = kh \frac{dh}{dx} = k \frac{H^2 - h_0^2}{2R}, \quad (27)$$

Magányos kút esetén állandó szivárgásállapotban a z irányú nyomásszint-változások kerülnek elhanyagolásra ($\frac{\partial h}{\partial z} = 0$),

$$Q = Av = 2\pi m \cdot v = 2k\pi m \frac{H - h_0}{\ln \frac{R}{r_0}}, \quad (28)$$

ahol H a nyomásszint a kút hatásterületén kívül, h_0 a nyomásszint a kútban, R a hatástávolság és r_0 a kút sugara.

Nyílt-tükrű rendszerben, oldalról táplált kút esetén az áramlási keresztmetszet az r sugárral változik a h nyomásszint függvényében:

$$Q = k\pi \frac{H^2 - h_0^2}{\ln \frac{R}{r_0}}, \quad (29)$$

A numerikus megoldások a szivárgás alapegyenletének közelítő megoldásai. A numerikus megoldások úgy közelítik a valós folyamatokat, hogy mind időben, mind térben szakaszolják a lezajló folyamatokat. Az egyes szakaszokon belül a számításhoz szükséges paramétereket állandónak tekintik, és ezzel válik lehetővé a megoldás.

Mind az elemek, mind az időlépcsők száma elvileg korlátlan, így a szakaszolás mind térben, mind időben tetszőleges. A részletesebb lebontása a vizsgált folyamatnak növeli a modell pontosságát.

A víz porózus közegbeli szivárgásának jellemzőit a következő numerikus módszerekkel lehet vizsgálni:

- véges differencia módszer,
- végeelem módszer,
- peremelem módszer,
- analitikus elemek módszere.

A felsoroltak közül a leginkább elterjedtek a véges differencia és végelem módszerek.

A véges differencia módszer a szivárgás alapegyenletének (parciális differenciálegyenlet) differencia egyenletté történő alakítása. A módszerrel a nyomásszintek változásait lehet számolni. A módszer használatának legnagyobb előnye, hogy a megoldás során a differenciáloperátort differenciaoperátorral helyettesítjük és így a megoldás során megmarad az eredeti differenciálegyenlet-összefüggés, a számítás részeredményei valós fizikai tartalommal bírnak, viszont a modellben egymástól elhatárolandó térbeli testek csak nehezen követhetőek.

Az analitikus elemek módszerét Strack fejlesztette ki a '80-as évek elején. Az analitikus módszerek alkalmazásánál feltételezzük, hogy a víz szivárgása uralkodóan vízszintes irányban történik, a vertikális sebességkomponenseket és a kőzet szivárgással szembeni ellenállását függőleges irányban ezért elhanyagolhatjuk.

Az analitikus elemek módszerének alap gondolata analitikus összefüggések szuperpozíciója, ezáltal a különböző termelőlétesítmények depressziós terének szuperpozíciója.

Az alap gondolat értelmében nincs szükség a vizsgált tér rácshálójával vagy egyéb módon történő elemekre bontására, a diszkrétizálásra. Ebben a rendszerben csak a felszíni vizeket szimbolizáló elemek esetén történik a diszkrétizálás, azaz szakaszokra bontás, azonban az összes ilyen szakasz, mely egy folyó vagy tó egy-egy részletét jelenti, zárt alakú analitikus összefüggéssel szerepel a rendszerben, ezeket hívjuk analitikus elemeknek. Egy komplex, regionális felszín alatti szivárgási rendszer szimulációját így néhány száz analitikus elem hatásának összegzésére vezetjük vissza (Kovács 2003).

Az analitikus elemek módszere is csak közelítő végeredményt ad. Az eredmény azonban matematikai szempontból teljesen analitikus, az eredményt iteráció nélkül kapjuk, a szivárgási sebességet pedig a kapott nyomásszintek deriválásával számíthatjuk. Az analitikus elemek módszerének a legnagyobb előnye az úgynevezett lépésenkénti modellezés lehetősége.

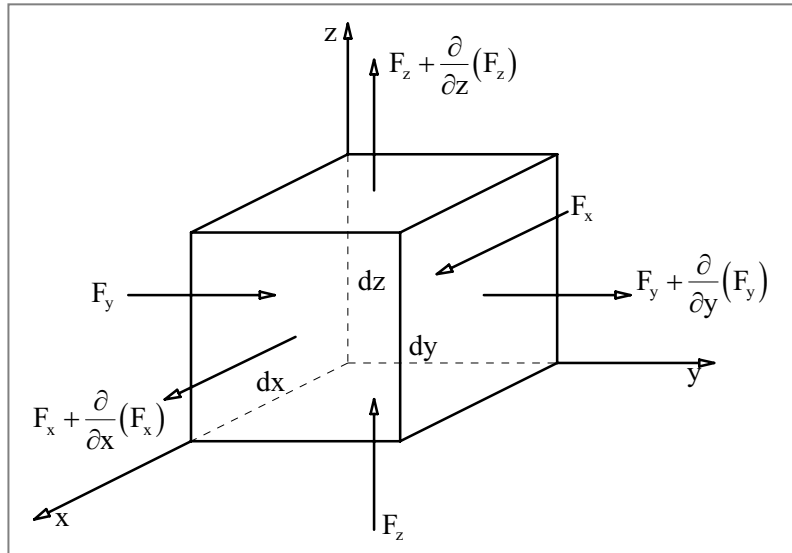
A szennyezőanyagok terjedésének törvényszerűségei porózus közegben

A vízben oldható szennyezőanyagok terjedését az advekciónak (konvekciónak) és a diszperzió határozza meg. A szóródást kémiai, illetve fizikai folyamatok okozhatják. A két alapvető folyamaton kívül további fizikai és kémiai folyamatok az oldat áramlásának késleltetéséhez, valamint a szennyezőanyag lebomlásához, degradációjához vezethetnek.

A kémiai anyagmérleg

Kovács (2003) szerint: tekintsük a porózus közeg egy elemi kockáját x , y , z koordináta-rendszerben úgy, hogy annak oldalai merőlegesek a koordináta tengelyekre. Legyenek a térbeli szennyezőanyag-áramot leíró fluxusvektor komponensei F_x , F_y és F_z . A kémiai anyagmérleget figyelembe véve az elemi kockában tárolt anyagmennyiség időbeli megváltozásának egyenlőnek kell lennie az elemi kockába - időegység alatt - be- és kilépő fluxusok előjeles összegével. Az elemi kockában tárolt anyagmennyiség változása a belépő és kilépő fluxusok különbsége (9. ábra):

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\partial}{\partial x}(F_x)dydz + \frac{\partial}{\partial y}(F_y)dx dz + \frac{\partial}{\partial z}(F_z)dx dy \quad (30)$$



9. ábra. Az elemi térrész szennyezőanyag-mérlege (Kovács 2003)

Az oldott anyagok vízzel való együttes, tömeges áramlását advekciónak nevezzük. Az advektív szennyezőanyag-áram a közegbeli „v” átlagos áramlási sebesség és a C koncentráció szorzata, azaz:

$$F_{x,\text{konv.}} = \frac{dM_{x1}}{dydzdt} = v_x C, \quad F_{y,\text{konv.}} = \frac{dM_{y1}}{dxdzdt} = v_y C, \quad F_{z,\text{konv.}} = \frac{dM_{z1}}{dxdydt} = v_z C \quad (31)$$

ahol M a szennyezőanyag kémiai mennyisége és t az eltelt idő.

A térbeli, kémiai potenciál-különbségek hatására létrejövő tömegáramot diffúciónak nevezzük. A koncentráció-különbségek hatására létrejövő diffúziót közönséges diffúciónak, míg az elektromos potenciál- vagy hőmérséklet-különbségek okozta anyagáramokat kényszerdiffúciónak nevezzük (FILEP 1988).

A diffúzió által szállított kémiai anyagfluxus három komponense - porózus közegben - az alábbi formában írható fel:

$$F_{x,\text{diff.}} = \frac{dM_{x2}}{dydzdt} = -D_{\text{eff}} \frac{\partial C}{\partial x}, \quad F_{y,\text{diff.}} = \frac{dM_{y2}}{dxdzdt} = -D_{\text{eff}} \frac{\partial C}{\partial y}, \quad F_{z,\text{diff.}} = \frac{dM_{z2}}{dxdydt} = -D_{\text{eff}} \frac{\partial C}{\partial z} \quad (32)$$

ahol D_{eff} az effektív (vagy látszólagos) diffúzió-állandó, amelynek értéke porózus közegben kisebb, mint a D_0 vizes közegben mért diffúzió-állandó.

A hidrodinamikai diszperzió jelenségét az áramlási sebesség nagyságának és irányának lokális mikrováltozásai okozzák a porózus közegben belül.

A hidrodinamikai diszperziót okozó legfontosabb hatások:

- a szivárgási sebesség nagyságának változása a pórusokon belül,
- a szivárgási sebesség irányainak változása,
- a pórusok méretváltozásai.

Az adszorpció a szennyezőanyag porózus közeg felületén történő reverzibilis megkötődését jelenti.

Az adszorbeált és deszorbeált anyagmennyiségek egyensúlyát az alábbi matematikai egyenlőség írja le:

$$\Theta \cdot dV \frac{\partial C}{\partial t} = -\rho_b \cdot dV \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} \quad (33)$$

ahol C a pórusfolyadék koncentrációja [M/L^3], \bar{C} a szennyezőanyag koncentrációja a talajban [$M/M_{\text{száraz talaj}}$], ρ_b a porózus közeg testsűrűsége [M/L^3] és Θ a térfogatszázalékban kifejezett víztartalom (amely telített közegben egyenlő a hézagtérfogattal) és V a teljes vizsgált térfogat.

A bomlási folyamatok a szennyezőanyag mennyiségének időbeli csökkenéséhez, degradációjához vezetnek:

$$\frac{dM}{dVdt} = \frac{\partial(\Theta C)}{\partial t} = -\lambda(\Theta C + \rho_b K_d C) \quad (34)$$

ahol λ a bomlási állandó.

A transzport-egyenletnek több formáját használják a gyakorlatban. Az általános transzport-egyenlet a következő:

$$\begin{aligned} \frac{dM}{dVdt} = & D_{xx}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial x^2} + D_{xy}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial x \partial y} + D_{xz}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial x \partial z} + D_{yx}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial y \partial x} + D_{yy}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial y^2} + \\ & + D_{yz}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial y \partial z} + D_{zx}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial z \partial x} + D_{zy}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial z \partial y} + D_{zz}^* \frac{\partial^2(\Theta C)}{\partial z^2} - \frac{\partial}{\partial x}(v_x C) - \\ & - \frac{\partial}{\partial y}(v_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(v_z C) - \frac{\partial}{\partial t}(\rho_b K_d C) - \lambda(\Theta C + \rho_b K_d C) \end{aligned} \quad (35)$$

A transzportegyenlet megoldási módjai

Egyszerű esetekre a transzportegyenlet analitikusan is megoldható. Ezek a megoldások adják egy-egy probléma felmerülésekor a legfontosabb első becsléseket és egyben az analitikus megoldásokkal való összevetéssel szokás egy újonnan kifejlesztett számítási algoritmusokat is ellenőrizni is.

Egydimenziós megoldások

Az egydimenziós analitikus megoldások állandó áramlási sebesség mellett, a sebességvektor irányára merőlegesen elhelyezett kutak esetén, vagy pl. egy folyóból történő elszivárgás számítására alkalmazhatók.

A megoldást Ogata (1970), Ogata és Banks (1961), valamint Gupta és Pandey (1980) adta meg egymástól alig eltérő formában:

$$C(x, t) = \frac{C_0}{2} \exp\left(\frac{x}{2\alpha_L}\right) \left(\exp\left(\frac{-\gamma x}{2\alpha_L}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{\frac{x - \bar{v}_x t \gamma}{R}}{2\sqrt{\frac{\alpha_L \bar{v}_x t}{R}}}\right) + \exp\left(\frac{\gamma x}{2\alpha_L}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{\frac{x + \bar{v}_x t \gamma}{R}}{2\sqrt{\frac{\alpha_L \bar{v}_x t}{R}}}\right) \right) \quad (36)$$

ahol C_0 az influens koncentráció és $\gamma = \sqrt{1 + \frac{4\lambda\alpha_L R}{\bar{v}_x}}$.

Kétdimenziós megoldások

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\alpha_L \bar{v}_x}{R} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\alpha_T \bar{v}_x}{R} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - \frac{\bar{v}_x}{R} \frac{\partial C}{\partial x} - \lambda C. \quad (37)$$

Pillanatnyi M tömegű szennyezés esetén az $x=0$ és $y=0$ helyen $t=0$ időpontban. A kezdeti feltétel:

$$C(x, y, 0) = \frac{M}{n_0 m R} \delta(x) \delta(y), \text{ ahol } \delta(x) \text{ és } \delta(y) \text{ - a korábbiakhoz hasonlóan - a Dirac-delta}$$

függvény, másfelől legyen $C(\pm\infty, \pm\infty, t) = 0$. Ebben az esetben a megoldás (Csanády 1973):

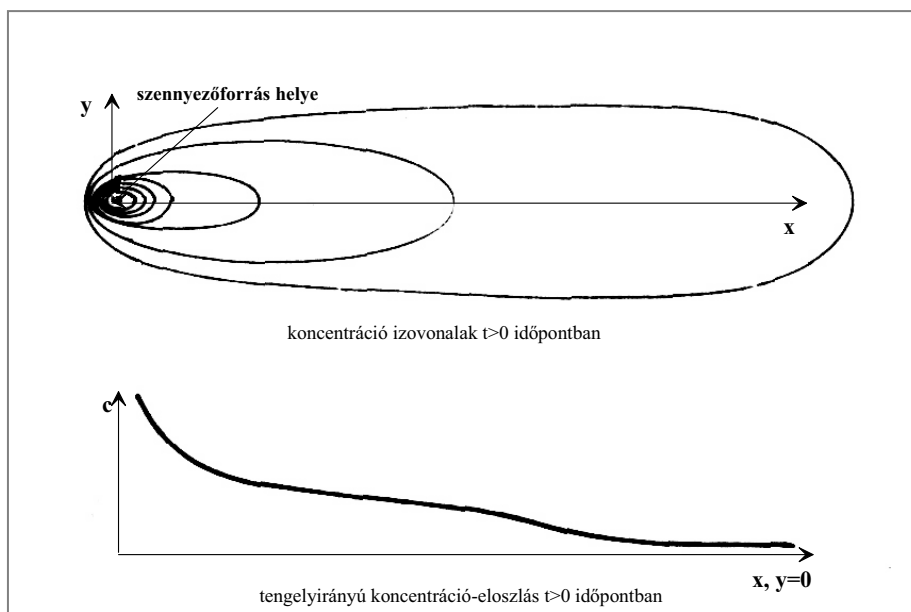
$$C_\delta(x, y, t) = \frac{M}{4\pi m n_0 \bar{v}_x t \sqrt{\alpha_L \alpha_T}} \exp\left(-\frac{\left(\frac{x - \bar{v}_x t}{R}\right)^2}{\frac{4\alpha_L \bar{v}_x t}{R}} - \frac{y^2}{\frac{4\alpha_T \bar{v}_x t}{R}}\right) \exp(-\lambda t). \quad (38)$$

Numerikus megoldások

A véges differencia módszer alkalmazása során a modellezett teret tetszőleges számú, egymással érintkező, téglatest alakú elemekre bontjuk, egyenletes vagy változó osztású rácsháló segítségével. A transzport-egyenletnek a differenciaegyenletté alakított formája alapján meghatározható az egyes hasábelemek, és az azokkal közvetlenül érintkező elemek közötti advektív és diszperzív szennyezőanyag fluxusa, az adszorbeált és az esetlegesen degradálódott szennyezőanyag mennyiség, majd felírható az egyes elemek szennyezőanyag-mérlege egy kezdeti t_0 időpontra és az azt követő Δt időpontra.

A részecskeszemléletű megoldások a transzport-egyenlet olyan megoldásai, melyek valamilyen módon kizárják a numerikus hibák fellépését. A részecskeszemléletű megoldások közös jellemzője, hogy a rendszerben található szennyezőanyagokat egységekbe fogják össze, és az egységek mozgását vizsgálják. A részecskeszemléletű megoldások közül a két legelterjedtebb, a karakterisztika és a véletlen bolyongás módszere.

Az állandó források okozta szennyezőanyag egy- és kétdimenziós koncentráció-eloszlását a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra. Állandó forrás okozta szennyezőanyag-eloszlás (Kovács 2003)

A szennyezőanyag terjedés függőleges irányú mozgása

Ha a felszínre ömlött szennyező anyag F területen terjed(t) szét és ezzel azonos felülettel szivárog lefelé, a szivárgás mélysége közelítően:

$$h \text{ (m)} = \frac{V_0 \text{ (m}^3\text{)}}{F \cdot \left[\text{m}^2 \right] \cdot n \cdot r_0}, \text{ ahol} \quad (39)$$

n : a talaj hézagterfogata,

V_0 : a kiömlött szennyezőanyag térfogata,

r_0 :szennyezőanyag visszatartó képesség.

A felszíni szennyeződés után - ha van utánpótlás és a réteg áteresztő – a szennyező anyag beszivárogva eléri a kapillaris zóna vagy a talajvíz szintjét, amelyen szétterülve ("úszva/lebegve") az esés irányában megindul a vízzel nem elegyedő fázis szivárgása (oldalirányban). A vízben oldott rész mozgása a hidrodinamikus diszperzió törvénye szerinti.

A fenti pontokban ismertetettek alapján határoztam meg a később bemutatott (4.2. pont) felszín alatti és feletti vizek, illetve talajszennyezések mértékét.

4. A környezeti hatásvizsgálatok továbbfejlesztése

4.1. Az IMPACT II értékelő rendszer kialakítása

A környezeti hatások értékelésére, döntéshozatalok kidolgozására a különböző környezeti tényezők mérése vagy területi eloszlásának számítása, modellezése után kerülhet sor. A modellezési eljárásokhoz, már meglévő, a 3. pontban ismertetett elméletek alapján kidolgozott és működő számítógépes modellező szoftvereket használtam fel, elfogadva azok adatigényét, alapmegbízhatóságát, majd azok eredményeit alkalmaztam. A döntési rendszer kialakításához használt legfontosabb forrásmunkák a következők.

DRASTIC-módszer.

A módszert (Aller et al. 1987), amely a világ egyik legismertebb sérülékenységet értékelő rendszere, az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (EPA) fejlesztette ki 1987-ben. A felszín alatti víztartók, vízbázisok sérülékenységét fejezi ki. A módszer hét tényezőt vizsgál, melyek a víztükör felszín alatti mélysége, beszivárgás a víztartóba, a víztartó anyaga, a talaj anyaga, a lejtésviszonyok, a telítetlen zóna hatása, a víztartó vízvezető képessége, melyek angol kifejezéseiből adódott mozaikszó a DRASTIC.

Városi stratégiai térképek.

Az MTA Földrajztudományi Kutató Intézetben kidolgozott stratégiai térképek (Tózsá 1994) Budapest VIII. kerületét, Józsefvárost mutatják be. A tanulmány a különböző városi szennyező anyagok eloszlását, összhatását dolgozza fel.

Sérülékenységi vizsgálat.

Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (EPA) fejlesztette ki. Része a már elkészült DRASTIC elemzés, de ezenkívül tartalmazza még a felszíni vizek és a levegő sérülékenységét (EPA Region 10 Superfund Site Discovery Project).

IMPACT városi környezet minősítő rendszer.

Egy városi környezet humáncentrikus megközelítési minősítő rendszer, amely a jellemző városi szennyező komponensekkel, azok értékelési rendszerével és döntési súlyával foglalkozik. Lényege a soktényezős térképszintézis volt. (Bogdán 1997). Az alkalmazott rendszer nem általános, speciálisan kiválasztott komponensekkel dolgozik, és csak egy területre volt alkalmazható.

A dolgozatban kifejlesztett és bemutatott módszert az előzmények miatt IMPACT II-nek neveztem el.

Az IMPACT - mint hatás, hatások összessége - egy mozaikszó, a különböző szennyező anyagok, környezeti hatások angol megfelelőjéből adódott. A II. a már bemutatott városi környezet minősítő rendszer továbbfejlesztett, finomított változatára utal.

A módszer rétegei:

I mission of air pollutants	levegőszennyező anyagok I mmissziója
M ain surfacewater quality indices	felszíni víz M inőségi tényezők
P ollution of noise	P roblémát okozó Zajártalmak
A ffected under-surface water	Szennyezett felszín A latti vizek
C ontamination of soils	talajok C ivilizációs ártalmak
T hreat of other factors	egyéb T ényezők

- I Pont, diffúz, területi, valamint mozgó források által kibocsátott szennyezőanyagok immissziója
- M Felszín feletti vizek szennyezőanyag koncentrációjának eloszlása
- P Berendezések, munkagépek, közlekedő járművek által okozott zajterhelés
- A Felszín alatti vizek szennyezőanyag koncentrációjának eloszlása, terjedése
- C Talajszennyező anyagok térbeli koncentrációja
- T Egyéb tényezők, pl. élővilág károsodás, természetes radonkiáramlás a talajból.

A rendszer alkalmas arra, hogy mind hatásvizsgálatok, mind felülvizsgálatok alapját képezze. A felülvizsgálatok során konkrét mérési eredményekből indulhatunk ki, míg hatásvizsgálatoknál, amely lehet az építés, üzemelés, felhagyás vizsgálata is - a tervezési értékek modellezéséből. Természetesen egy felülvizsgálat során a 3. pontban felsorolt indokok alapján a mérést és a modellezést párhuzamosan lehet felhasználni.

Az egyes havária eseményeket is lehetséges, vagy a megtörtént eseteknél a konkrét szennyezés figyelembe vételével vagy egy feltételezett esemény a hatások szimulációjával, a rendszerbe illeszteni.

Az értékelő rendszer a későbbiekben bemutatott, többtényezős térképszintézisen alapul, ahol minden egyes szennyező komponens, az anyagi tulajdonságaitól függő veszélyt jelölő számot, valamint a koncentrációjától függő faktort kap. A veszélyesség és a koncentrációs faktor meghatározásának bemutatása a következő fejezetekben történik.

4.1.1. A szennyezőanyag veszélyessége

A szennyezőanyag, komponens veszélyességének megállapítása napjaink egyik legaktuálisabb feladata. A témával kapcsolatos követelmények változásait híven tükrözik az Európai Unió, és a mai magyar jogszabályok széleskörű változásai. Ezek röviden: ADR, RID, CHS, 44/2000 (XII.27.) EüM rendelet, Hommel veszélyes anyag katalógusa.

Ezek a besorolások nagyon komplexek, rendkívül sok tényezőt vesznek figyelembe, viszont számszerű megközelítést – Hommel kivételével - nem alkalmaznak. A mai jogi szabályozás szerint bárcákkal, veszélyszimbólumokkal és R, S mondatokkal jellemzik a veszélyes anyagokat. Ezek a besorolások a 44/2000 (XII.27.) EüM rendelet (továbbiakban EüM rendelet) 2. számú melléklete alapján elvégezhetőek.

E rendelet szerint: a Magyar Köztársaság és az Európai Közösségek, valamint tagállamai közötti társulás létesítéséről szóló, Brüsszelben, 1991. december 16-án aláírt Európai Megállapodás tárgykörében, a megállapodást kihirdető 1994. évi I. törvény 3. §-ával összhangban az Európai Közösségek következő szabályaival összeegyeztethető szabályozást tartalmaz:

- a) a Tanács a veszélyes anyagok osztályozására, csomagolására és címkézésére vonatkozó törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezések közelítéséről szóló, legutoljára a Bizottság 2001/59/EK irányelvvel módosított 67/548/EGK irányelve;
- b) az Európai Parlament és a Tanács a tagállamoknak veszélyes készítmények osztályozására, csomagolására és címkézésére vonatkozó törvényi, rendeleti és közigazgatási rendelkezéseinek közelítéséről szóló, a Bizottság 2001/60/EK irányelvvel módosított 1999/45/EGK irányelve;
- c) a Bizottság a veszélyes készítményekre vonatkozó szakmai információs rendszer részletes szabályainak a 88/379/EGK irányelv 10. cikkének végrehajtásaként történő meghatározásáról és megállapításáról szóló, legutoljára a Bizottság 2001/58/EK irányelvvel módosított 91/155/EGK irányelve.

Veszélyt jelölő szám

A kutatás tárgyát képező értékelő rendszerhez, az összehasonlítás érdekében szükséges minden egyes anyag veszélyességét egy konkrét valós számmal jellemezni. Ez az ún. veszélyt jelölő szám, melynek meghatározásához első közelítésben Hommel által felvázolt rendszert vettem figyelembe:

Hommel az általa fémjelzett rendszerben:

- az egészségügyi ártalmat,
- a tűzveszélyt,
- a kémiai reakció (robbanás) veszélyét,

sorolja be úgy, hogy minden veszélyt 0-tól 4-ig terjedő veszélyt jelölő szám jellemez, ahol a 0 a legkisebb, a 4 a legnagyobb veszélyt jelölő szám. A besorolások meghatározása a 4. mellékletben található.

Az egyes szennyező anyagok veszélyességét a veszély jelölő számok összegzésével jellemezhetjük. A lehetséges minimum 0, a maximum érték 12.

A módszer előnye és egyben hátránya az egyszerűsége. Széleskörű, a szennyező anyagok nagy részére konkrét adatokat ad, amelyek megtalálhatók a katalógusban. A kapott értékek összeadhatók, egyértelműek. Hátránya, hogy nagyon sok tényezőt nem vesz figyelembe, főleg a környezet-, és egészségkárosító hatásokat. Az EüM rendelet ezeket a hiányosságokat próbálja orvosolni, a tulajdonságok vizsgálatát kibővíti és részletezi.

A vizsgált tulajdonságok a rendelet számozása szerint, a következők:

1. Fizikai-kémiai tulajdonságok
 - 1.1. Robbanásveszélyes
 - 1.2. Égést tápláló, oxidáló
 - 1.3. Fokozottan tűzveszélyes
 - 1.4. Tűzveszélyes
 - 1.5. Kevésbé tűzveszélyes
 - 1.6. Egyéb tényezők

2. Toxikológiai sajátosságok
 - 2.1. Nagyon mérgező
 - 2.2. Mérgező
 - 2.3. Ártalmas
 - 2.4. Maró
 - 2.5. Irritatív
 - 2.6. Túlérzékenységet okozó (allergizáló, szenzibilizáló)
 - 2.7. Specifikus egészségkárosító sajátosságok: szerv vagy szervrendszer specifikus hatások heveny, félheveny vagy idült mérgezésben vagy azt követően, amelyek súlyosak és nem súlyosak, reverzibilisek vagy irreverzibilisek lehetnek
 - 2.8. Rákkeltő
 - 2.9. Mutagén
 - 2.10. Reprodukció-károsító (szaporodást károsító)
 - 2.10.1. fertilitást (nemző- és fogamzóképeséget) károsító
 - 2.10.2. utódkárosító
 - 2.10.2.1. teratogén
 - 2.10.2.2. embriotoxikus
 - 2.10.3. (utód)generáció-károsító
 - 2.10.4. egyéb reprodukciót károsító hatás
 - 2.11. Egyéb jellemző tulajdonságok
 - 2.11.1. bőrön át felszívódik
 - 2.11.2. kumulálódik
 - 2.11.3. egyéb (pl. átmenetileg vagy tartósan hatástalan szöveti raktározás, tárolódás)
3. Ökotoxikológiai, környezetkárosító, környezetszennyező sajátosságok

Hommel veszélyt jelző számainak rendszerét az EüM rendelet tartalmával kombinálva egy részletes, sok tulajdonságra kiterjedő és számszerűsíthető veszélyességi besorolást kapunk. Mivel az EüM rendeletben lévő tulajdonságok felsorolás jellegűek, hiányzik a veszélyt jelölő számhoz szükséges rendszer, ezért ez kiegészítésre került. A módosított, általam megállapított módszer szerint vizsgált tényezők és a hozzárendelt veszélyt jelző számok a 3. táblázatban kerülnek bemutatásra. A sorszám (ssz) az EüM által felsorolt tulajdonságra utal. Az általam kiegészített besorolásoknál sorszám nem található, mivel a későbbiekben a használatukra nincsen szükség. A tulajdonság, a szennyező anyag veszélyességét nevezi meg. A veszélyt jelölő szám, a Hommel által alkalmazott logikát követi. Ahol lehetséges volt a tulajdonságok részletes szétbontása, (pl. robbanás, tűzveszélyesség), ott a 0-3-ig kapható minden értéket felvesznek. Ahol nem lehetett elkülöníteni a fokozatokat, ott a többi tényezővel összehasonlítva kapjuk meg a maximális értéket.

3. táblázat. Az anyagi tulajdonságok és a veszélyt jelző számok kapcsolata

Ssz	Tulajdonság	Veszélyt jelző szám
Fizikai-kémiai tulajdonságok		
1.1	Fokozottan robbanásveszélyes	3
	Robbanásveszélyes	2
	Kevésbé robbanásveszélyes	1
	Nem Robbanásveszélyes	0
1.2	Égést tápláló, oxidáló	3
	Égést nem tápláló, nem oxidáló	0
1.3	Fokozottan tűzveszélyes	3
1.4	Tűzveszélyes	2
1.5	Kevésbé tűzveszélyes	1
	Nem tűzveszélyes	0
Toxikológiai sajátosságok		
2.1	Nagyon mérgező	3
2.2	Mérgező	2
2.3	Ártalmatlan	1
	Nem mérgező	0
2.4	Maró	2
	Nem maró	0
2.5	Irritatív	1
	Nem irritatív	0
2.6	Túlérzékenységet okozó	1
	Túlérzékenységet nem okoz	0
2.7	Specifikus egészségkárosító	2
	Specifikus egészségkárosító hatása nincs	0
2.8	Rákkeltő 1,2 kategória	3
	Rákkeltő 3 kategória	2
	Nem rákkeltő	0
2.9	Mutagén 1,2 kategória	3
	Mutagén 3 kategória	2
	Nem mutagén	0
2.10	Reprodukció-károsító 1,2 kategória	3
	Reprodukció-károsító 3 kategória	2
	Nem reprodukció károsító	0
2.11	Bőrön át felszívódik	2
	Bőrön át nem szívódik fel	0
	Kumulálódik	1
	Nem kumulálódik	0
Ökotoxikológiai tulajdonságok		
3	Környezeti veszély	3
	Környezetre nem veszélyes	0

Az EüM rendelet 2. sz. melléklete alapján bármely tiszta anyag a táblázatban ismertett rendszerbe sorolható, ezáltal a veszélyt jelző szám is hozzárendelhető. Ehhez további segítséget nyújt a 8004-8006/2000 EüM tájékoztató EU-ban osztályozott veszélyes anyagok jegyzékéről, ahol az anyagok besorolása már megtörtént. Az értékelő rendszer szerint a minimum érték 0 a maximum érték 33 lehet.

Eltérő szennyező komponensek veszélyességének meghatározása

A zaj, mint környezeti tényező tulajdonságai eltérnek a kibocsátott szennyezőanyagok tulajdonságaitól. A vizsgálatok során bár el lehet különíteni különböző frekvenciájú, forrású impulzusos, tonális zajokat, de a receptorpontokban ezek egy egyenérték zajszinttel jellemezhetők. Ennek okán nem érdemes a tényező veszélyességére külön szabályokat megállapítani. A számítások során a $P_W = 1$, azaz a veszélyességét jelölő szám 1.

Az értékelő rendszer vízben tapasztalható szennyeződésekre való alkalmazása is nehézségekkel jár, mert a határértékkel jellemzett tulajdonságok közül több nem egyértelműen behatárolható (fajlagos vezetőképesség, összes oldott anyag), vagy pedig mivel sok esetben ionokként vannak jelen, nincs besorolás (besorolás jelenleg csak tiszta anyagokra van).

Az ellentmondások feloldására két lehetőség kínálkozik. A származtatott vízminőségi tulajdonságok, mint pl. a vezetőképesség, kémiai oxigén igény (KOI), mind-mind meghatározható és a szennyezőanyagok együttes tulajdonságaiként jellemezhetőek. A kérdéses komponenseket a rendszerbe illesztve, a származtatott tulajdonságokat figyelmen kívül hagyva, az értékelő rendszer veszélyességi besorolása alkalmazható.

Abban az esetben amikor ez egyértelműen nem határozható meg és a komponens kibocsátása jelentős, akkor a következő lehetőségünk van:

A mennyiségtől függő korrekciós faktor [C] a 4.1.2. pontban bemutatottak szerint számolható. A [W] veszélyességi faktort egynek tekintem. Jelentős értékelési hibát nem eredményez, mert ha a koncentrációja magas, határérték közeli akkor az a faktor lesz a meghatározó minden esetben, ha meg alacsony, akkor az értékelés során is elenyésző lesz.

A vizes oldatokban jelen lévő ionok veszélyességének meghatározására is több a lehetőség. Az egyik lehetőség, (mivel a 8004-8006/2000 EüM tájékoztató és a 44/2000 kormányrendelet alapján csak tiszta anyagok besorolása lehetséges), hogy a veszélyességet [W] = 1-nek veszem. A másik lehetőség, hogy a már ismertett 3. táblázat alapján, objektív háttér adatok hiányában meghatározom a veszélyességét. Az előnye, hogy elkerülhető a jelentős komponensek figyelmen kívül hagyása, viszont belép a szubjektivitásból adódó bizonytalanság. Az értékelési rendszerben a továbbiakban, azon komponensek - (nem tiszta anyagok), amelyekre objektív módon veszélyt jelölő számot meghatározni nem tudok - veszélyességét [W] = 1-nek tekintem. Ezáltal elkerülöm a szubjektivitás bizonytalanságát, valamint ha a szennyező komponens jelentős, azaz koncentrációja határérték közeli, vagy meghaladja azt, akkor a koncentrációtól függő faktor korigálja az IMPACT II részindex értékét.

4.1.2. A szennyezőanyag koncentrációtól függő faktora

A szennyezőanyagok koncentrációtól függő korrekciós értékét a széles körben alkalmazott telítődési görbével lehet jelen esetben is legjobban jellemezni. Ennek leírása exponenciális eloszlás matematikai megfogalmazásával lehetséges (40).

Az exponenciális eloszlás matematikai megfogalmazása a következő (11. ábra):

Az exponenciális eloszlású X valószínűségi változó sűrűségfüggvénye $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$, ha $x > 0$, és $f(x) = 0$ különben ($\lambda > 0$). Az elmondottakból $P(X > 0) = 1$. Eloszlásfüggvénye, ha $x > 0$, és $f(x) = 0$:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (40)$$

ahol x = aktuális koncentráció értéke, azaz a későbbiekben c

$$F(c_i) = 1 - e^{-\lambda c_i} \quad (41)$$

c_i = i szennyezőanyag aktuális koncentrációja

c_{i0} = i szennyezőanyag háttér koncentrációja

c_{iL} = i szennyezőanyag határérték

c_{im} = i szennyezőanyag L_{D50}/L_{C50}

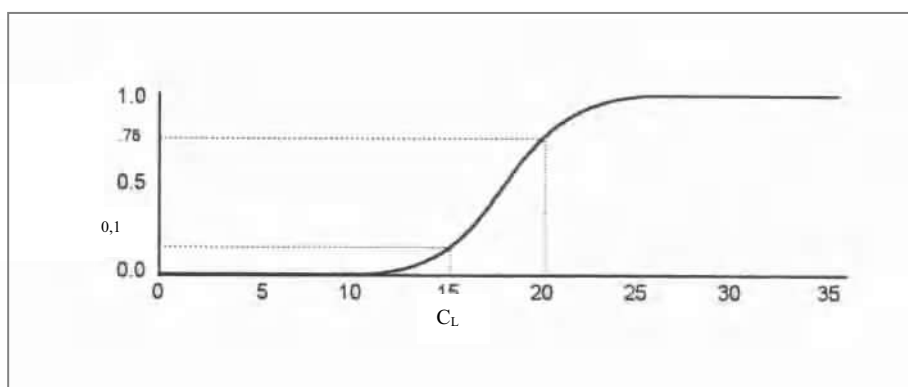
$F(c_{i0}) = 0$, azaz a függvény értéke nulla a szennyezőanyag háttérkoncentrációja esetén

$$F(c_i) = 0 \text{ ha } 0 \leq c_i \leq c_{i0}, \quad (42)$$

azaz a függvény értéke nulla ha a szennyezőanyag koncentrációja nulla és a háttérszennyezettség között van.

A függvény értékeinek meghatározásához szükség van a λ értékére minden egyes szennyező anyag esetén. Ehhez egy konkrét függvényérték szükséges. Ez, mivel minden szennyezőanyagra konkrétan meghatározható, célszerűen a határértékhez tartozó függvényérték. A későbbi számításokhoz ezen függvényértéket tapasztalati adatok alapján 0,1-ben határoztam meg. A kapott λ érték minden szennyező anyagra más és más.

λ számolható c_L esetén, amikor a $F(c_L) = 0,1$



11. ábra. A telítődési görbe szemléltetése

Egyes anyagokra a határértékek (c_{i0}) és L_{D50}/L_{C50} (c_{im}) a vonatkozó jogszabályokat alkalmazva ismertek, a λ értékét a fentiek alapján számolhatjuk. Az aktuális koncentrációt az alkalmazott képletbe (42) behelyettesítve kapjuk meg szennyezőanyag koncentrációtól függő faktorát.

Nem minden tulajdonságra lehetséges a fent említett meghatározási módszer alkalmazása. Például élővilág elemzése során (amely szoros összefüggésben van az összes környezeti tényezővel), nem lehet egyértelműen egy tényezőhöz a határértéket hozzárendelni és ezért célszerű külön kezelni. Ebben az esetben egy [0,1] intervallumba eső, a fenti görbének megfelelő szigmoid függvény szerint változó kategóriákba osztottam a kategóriák számával arányosan. Az értékek megválasztása során célszerű három vagy öt kategóriába osztani a tényezőt (pl. nem károsodott [0], mérsékelten károsodott [0,05], károsodott [0,1], rendkívül károsodott [0,5] és elhalt területek[1]).

4.1.3. Az IMPACT II index pontértéke

Az IMPACT II index I^{II} értéke a különböző szennyező anyagok, a környezeti tényezők pontértékéből származtatható. Minden egyes szennyező anyag pontértékét, egy receptor pontban, az anyag veszélyessége (veszélyt jelölő szám) [W] és a koncentrációjától függő faktorának [C] a szorzata adja. A környezeti elem értékét az adott csoporton belül a szennyezőanyagok értékének szummája adja. Ez a levegőszennyező anyagok példáján bemutatva a következő:

I = a levegő szennyező anyagok szumma értéke (az I^{II} index része)

I_{NOx} = a Nitrogén oxidok értéke

I_{SO2} = a kén-dioxid értéke

$$I_{\text{NOx}} = I_{\text{NOx}[W]} * I_{\text{NOx}[C]}$$

$$I_{\text{SO2}} = I_{\text{SO2}[W]} * I_{\text{SO2}[C]}$$

$$I = \sum I_{i[W]} * I_{i[C]} \quad \text{pl. } I = I_{\text{NOx}} + I_{\text{SO2}} = I_{\text{NOx}[W]} * I_{\text{NOx}[C]} + I_{\text{SO2}[W]} * I_{\text{SO2}[C]} \quad (43)$$

Az IMPACT II (I^{II}) index értékét a különböző környezeti tényezők értékének az összege adja. Azért, hogy az egyes tényezők ne „vigyék el” az értéket, szükséges az adatok normalizálása, amely által a különböző környezeti tényezők azonos súllyal kerülnek értékelésre. Ezáltal a zajnál választott veszélyt jelölő szám ($P_{[W]}=1$) is teljesen illeszkedik a rendszerbe. A normalizálás során minden egyes receptorpontban az egyes környezeti tényezőket 0 és 10 közé transzformáltam. A normalizáláshoz szükséges a tényezők minimum és maximum értékének megállapítása, amely konkrét esetekben más és más lehet.

$$I_{\text{Norm}} = 10(\sum I_{iW}I_{iC} / \sum I_{iW}) \quad (44)$$

I_{min} = Az I minimális értéke = 0, amikor a környezeti tényező nem játszik szerepet, pl. a koncentráció a háttérszennyezettség alatt van.

I_{max} = Az I maximális értéke = $\sum I_{i[W]}$ mivel a koncentrációtól függő faktor maximális értéke 1, a normalizálás után a maximális érték (I_{Nmax}) 10.

AZ IMPACT II index számítására általánosan felhasznált képlet:

$$I^{\text{II}} = I_{\text{Norm}} + M_{\text{Norm}} + P_{\text{Norm}} + A_{\text{Norm}} + C_{\text{Norm}} + T_{\text{Norm}} [0,60] \quad (45)$$

Ebből adódik, hogy az IMPACT II (I^{II}) index minimális és maximális értéke 0 illetve 60.

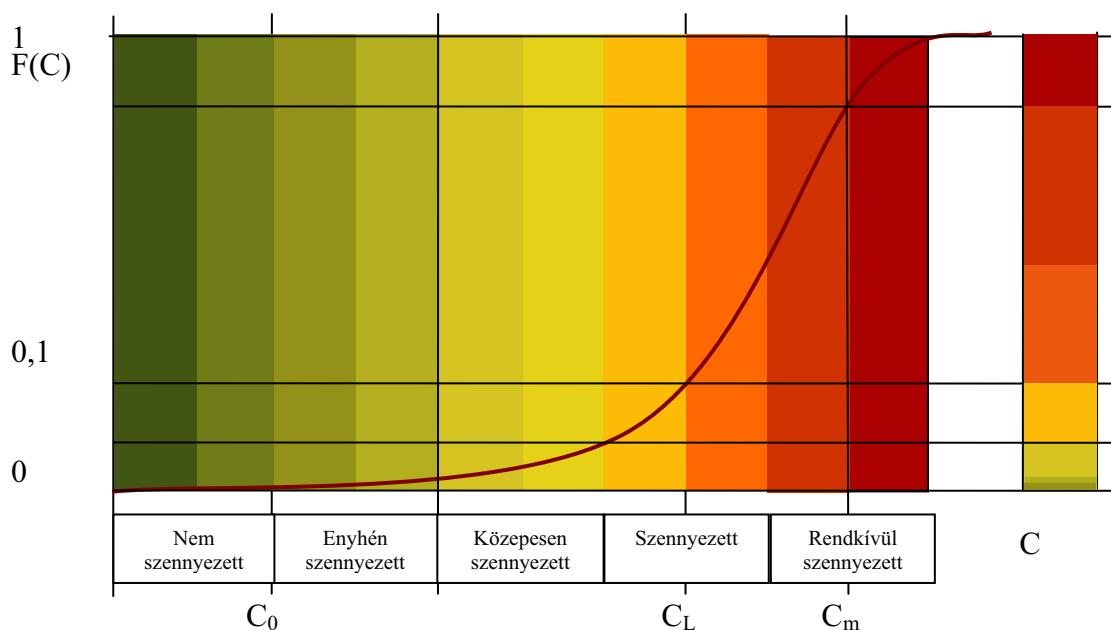
4.1.4. Az IMPACT II tényezők besorolása és az értékek ábrázolása

A különböző szennyező komponensek, tényezők szemléletes ábrázolásához, azok összehasonlíthatóságához szükséges egy egységes színezési rendszer kialakítása.

A szennyező komponensek ábrázolása

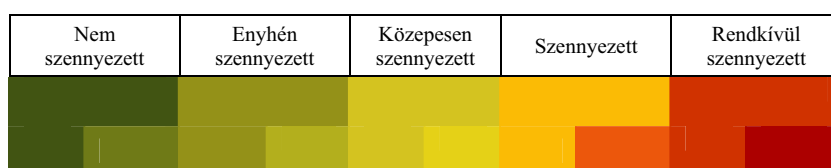
A szennyező komponenseket a szemléletes ábrázolás érdekében először egy vörös monochromatikus, koncentrációtól függő színskálán ábrázoltam, ahol a legsötétebb árnyalat jelöli a maximális, a legvilágosabb a legalacsonyabb koncentrációt, a határérték ábrázolásától függetlenül.

A következő ábrázolás a komponens koncentrációtól függő faktorának felhasználásával történt $[C]$. A határérték közeli, ill. feletti koncentrációkat sárga és vörös árnyalatokkal jellemeztem, hogy a túllépések szemléletesen láthatóak legyenek. Az alacsony koncentrációkat a zöld árnyalataival jelöltem (minél mélyebb, annál jobbak az értékek), amely a 12. ábrán megfigyelhető. Ez a színezési módszer a közlekedési lámpa színeinek is megfeleltethető, amelynek jelentése: vörös = veszély, sárga = figyelmeztetés, zöld = megfelelő besorolás.



12. ábra. A szennyező anyagok térbeli koncentráció eloszlásának a színezési rendszere

Amennyiben nem folytonos koncentrációs értékekről van szó, hanem külön, elhatárolt kategóriákról - mint az ökológiai besorolás -, a következő színezés alkalmazható:



13. ábra. A kategóriák színezési rendszere

A környezeti tényezők eredménytérképen történő ábrázolása

Az egyes környezeti tényezők normalizált eredménytérképeinek színezésére a 12. ábrán szereplő színezési rendszer felhasználható, azzal a különbséggel, hogy a sárga árnyalatait a határérték ($F(c) = 0,1$) helyett az 1 körüli értékek során éri el, mivel a normalizálás miatt az értéktartomány $[0,10]$. A 4. táblázat ismerteti az egyes színekhez tartozó értékeket.

Az IMPACT II index eredménytérképének ábrázolási színskálái

A kapott eredménytérkép színezési rendszere is a már ismertetett módszerhez igazodik. Az értékektől függő színezést az összehasonlító 4. táblázat mutatja be. Az eredménytérképek színezéséhez felhasznált értékek kialakításakor a környezeti tényezők egymásra hatását is figyelembe vettem, ezért a görbe lefutása meredekebb, mint az első két esetben.

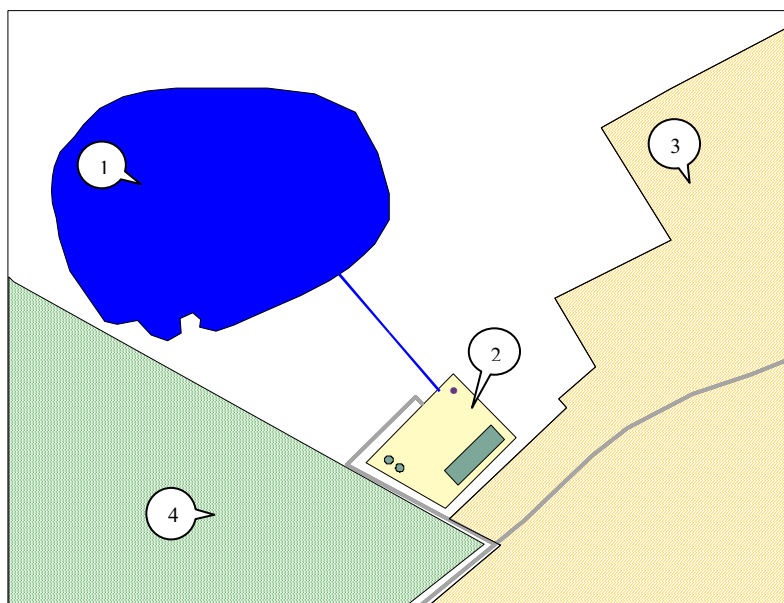
4. táblázat. A térképek színezéséhez szükséges értékek és kategóriák

	C_0				C_L					
	Nem szennyezett		Enyhén szennyezett		Közepesen szennyezett		Szennyezett		Rendkívül szennyezett	
Szennyező- anyag [0,1]	0	0,01	0,02	0,04	0,055	0,07	0,085	0,1	0,4	0,75
Környezeti tényező [0,10]	0	0,1	0,2	0,4	0,55	0,7	0,85	1	4	7,5
IMPACT II. [0,60]	0	0,2	0,4	0,8	1,1	1,4	1,7	2	8	45

4.1.5. Az IMPACT II (I^I) index meghatározásának módszertana

Az IMPACT II értékelő rendszer részletes bemutatására egy tervezett üzem telephelyén kerül sor (14. ábra). A tervezett üzem alkalmazására azért van szükség, mert a valóságban nem jellemző, hogy egy telephely minden környezeti elemre mérhető, kimutatható hatást gyakorolna. A példa, illetve a vizsgálat céljából megalkotott üzem az összes környezeti elemmel kapcsolatban és arra mérhető hatással van. Végigkövettem minden környezeti tényező esetén a szennyező komponensek veszélyt jelölő számának $[W]$ és a koncentrációtól függő faktorának $[C]$, az ahhoz szükséges λ értékének meghatározását, a tényezők térinformatikai kezelését, ábrázolását, az átlapolási műveleteket egy konkrét tényezőről, majd a teljes alkalmazáson is.

Az üzem egy pontforrással rendelkezik, melyen keresztül, hőenergia-előállítás miatt nagy mennyiségű CO és NOx távozik a légtérbe. A szennyvíz egy csatornán keresztül, tisztítás nélkül egy halastóba kerül, és ezáltal Nitrát szennyezést okoz. A zajkibocsátás magas, a lakott terület távolsága 40 méter. Korábban a telephelyen található olajtároló kilyukadt, s mivel kármentő nem volt található alatta, ezért talajszennyezést és felszín alatti víz terhelést eredményezett. A délen található erdősávon ökológiai felmérést végeztek a faállomány pusztulásának számbavételére. A felhasznált adatok, szennyezés lehatárolások mind mérésrel kerültek meghatározásra. A felhasznált adatok nem valóságok, a kísérlet céljából kerültek meghatározásra, de az általánosan mérhető adatoknak megfelelően.



14. ábra. A telephely elhelyezkedése
1 = Halastó, 2 = Üzem, 3 = Lakott terület, 4 = Erdő

Levegő

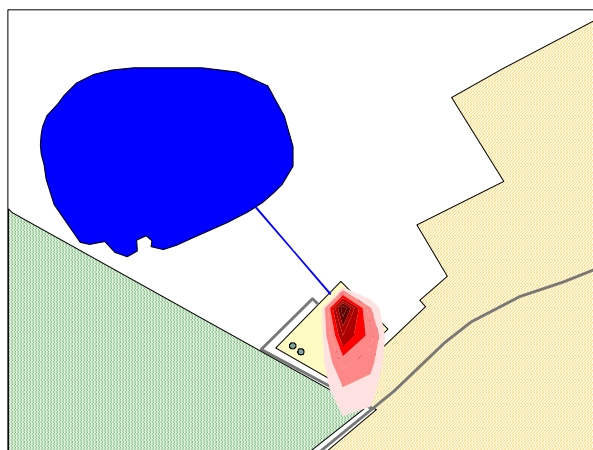
Feltételezés szerint a hőenergia-termelés kibocsátása egy kürtőn keresztül jut a szabadba az alábbi paraméterekkel:

5. táblázat. A levegőszennyező pontforrás kibocsátási adatai

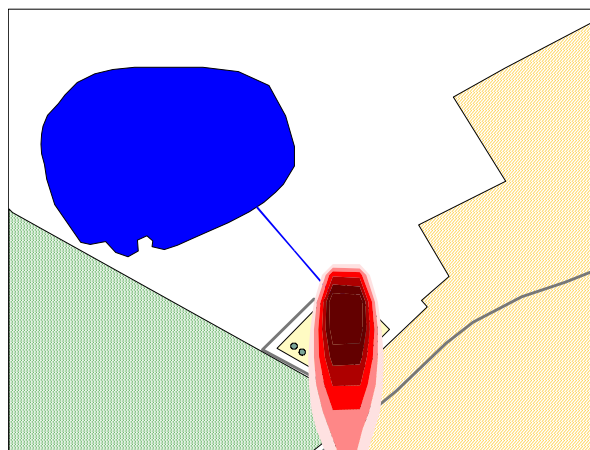
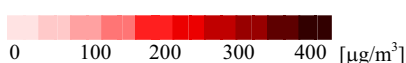
Jel	Pontforrás neve	Komponens	Mg/Nm ³	Kg/h
P001	Kazánüzemi kémény	CO	170,82	1,18
		NO _x	240,24	0,608

A kiindulási adatok meghatározása méréssel és számítással lehetséges, a példa kedvéért méréssel több ponton, az uralkodó széljárást beszámítva kaptunk egy a 15. és 16. ábrán található koncentráció eloszlást mindkét komponensre. Amennyiben méréssel a meghatározás nem lehetséges akkor a transzmisszió-számításokat az MSZ 21459/1: 1981, az MSZ 21459/3:1981 és az MSZ 21457/4 :2002 számú szabványok alapján végezhetjük el, a 3.1. pontban ismertetett elméleti alapok szerint.

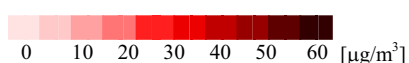
Mind a szén-monoxid, mind a nitrogén-oxidok eloszlásánál a maximális, de határérték alatti koncentrációt a telephely területén láthatjuk. Az uralkodó É-i szélirány hatása jelentősen befolyásolja a füstfáklya alakját és irányát.



15. ábra. A CO koncentráció eloszlása



16. ábra. Az NOx koncentráció eloszlása



A szennyezőanyagok veszélyességét jelölő számának a meghatározása a 4.1.1. pontban felsoroltak alapján történt.

A szén-monoxid a 8006-8004/2000 EüM tájékoztató szerint F+, T besorolású R mondatok: 61-12-23-48/23; S mondatok: 53-45. A 44/2000 EüM rendelet alapján tehát nem robbanásveszélyes, az égést nem táplálja, fokozottan tűzveszélyes (F+), mérgező (T) nem maró, nem irritatív, túlérzékenységet nem okoz, nem rákkeltő, nem mutagén, 2. kategóriájú reprodukció károsító, bőrön át nem szívódik fel, nem kumulálódik a környezetre nem veszélyes. Ez alapján a szén-monoxid veszélyességét jelölő száma [W] = **8**.

A nitrogén-oxidok a 8006-8004_2000_EüM tájékoztató szerint, T besorolású R mondatok: 23-36/37/38; S mondatok: 1/2-9-26-28-36/37/39-45. A 44/2000 EüM rendelet alapján tehát nem robbanásveszélyes, az égést táplálja, nem tűzveszélyes, mérgező (T), maró, nem irritatív, túlérzékenységet nem okoz, nem rákkeltő, nem mutagén, nem reprodukció károsító, bőrön át nem szívódik fel, nem kumulálódik a környezetre veszélyes. Ez alapján a nitrogén-oxidok veszélyességét jelölő száma [W] = **11**.

A szennyező komponens veszélyességének meghatározása a 11. táblázatban kerül bemutatásra.

A koncentrációtól függő meghatározáshoz a felhasznált határértékek órás/24 órás/éves bontásban:

I_{CO} , Szén-monoxid [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], határérték: 10000/5000/3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, LC_{50}/LD_{50} : 4,39 g/m^3
 I_{NOx} , Nitrogén-oxidok [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], határérték: 200/150/70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, LC_{50}/LD_{50} : 0,14 g/m^3

A λ számításához az éves határértékeket vettem figyelembe, mivel nem csúcskoncentráció mérés történt, és az üzem egyenletesen, évek óta üzemel.

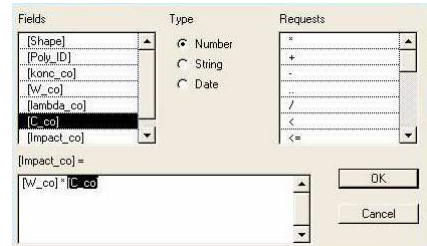
azaz $F(C_{CO}) = 0,1 = 1 - e^{-\lambda C_{CO}}$ illetve $F(C_{NOx}) = 0,1 = 1 - e^{-\lambda C_{NOx}}$ ebből:

$$\lambda (I_{CO[C]}) = 3,51 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda (I_{NOx[C]}) = 1,5 \cdot 10^{-3}$$

Az adatok kezelésére a ArcVIEW térinformatikai szoftvert választottam. A szennyezőanyagok koncentrációs eloszlásának kontúrjait *shape* formájában ráillesztettem a meglévő alaptérképre (15., 16. ábra). A térinformatikai rendszer előnyét kihasználva a hozzárendelt attribútum. táblázatban végeztem a további műveleteket. A *table, start editing* parancsok végrehajtása után az *add field* parancs ismétlésével hozzáadtam a kívánt attribútum mezőket (mint pl. az anyag koncentrációja, veszélyességét jelölő száma, λ érték). A beépített *calculate* modullal a megadott alapadatokból automatikusan generálhatjuk minden egyes rekordra az IMPACT II részindexet (I_{CO}) a veszélyességet jelző szám és a koncentrációtól függő faktor összeszorozásával (17. ábra). A műveletet a *table save and stop editing* műveletei zárták.

Shape	Poly_ID	konc_co	W_co	lambda_co	C_co	Impact_co
Polygon	1	400.000000	8	0.000035	0.013900	0.000000
Polygon	2	350.000000	8	0.000035	0.012200	
Polygon	3	300.000000	8	0.000035	0.010500	
Polygon	4	250.000000	8	0.000035	0.008700	
Polygon	5	200.000000	8	0.000035	0.006900	
Polygon	6	150.000000	8	0.000035	0.005200	
Polygon	7	100.000000	8	0.000035	0.003500	
Polygon	8	50.000000	8	0.000035	0.001700	



17. ábra. CO attribútum táblázat és az IMPACT II részindex számítása

A koncentrációk és a hozzárendelt IMPACT II részindexek értékét a 6. táblázat mutatja be:

6. táblázat. A levegőszennyező anyagok koncentrációja és a hozzárendelt IMPACT II részindex

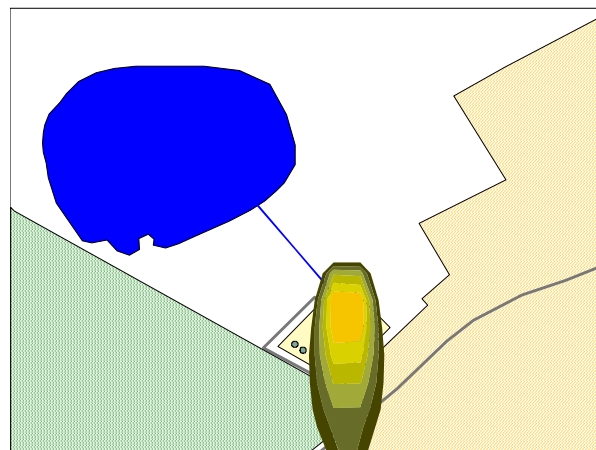
CO koncentráció [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	I_{CO}	NOx koncentráció [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	I_{NOx}
400	0,1112	60	0,9471
350	0,0976	50	0,7953
300	0,0840	40	0,6402
250	0,0696	30	0,4840
200	0,0552	20	0,3245
150	0,0416	10	0,1639
100	0,0280		
50	0,0136		

A későbbi összehasonlíthatóság érdekében a következő lépés a koncentrációtól függő faktor szerinti színezés volt, amelyet 18. és 19. ábra mutat:



18. ábra. A CO szennyező IMPACT II részindexe

[C]: 0 0,02 0,055 0,085 0,4 1
 Kategória: nem közepesen rendkívül Szennyezett



19. ábra. Az NOx szennyező IMPACT II részindexe

[C]: 0 0,02 0,055 0,085 0,4 1
 Kategória: nem közepesen rendkívül szennyezett

Ezek után az egyes szennyező anyagok térképeinek átlapolását végeztem el. Ez az ArcView *geoprocessing* moduljának *overlay/union* parancsával történt, amely az attribútumokat is egyesítette. Az attribútum táblázatban történt változások a következők:

C_co	Impact_co	Poly_ID	Poly_ID	konc_nox	W_nox	lambda_nox	IC_nox	Impact_nox	Impact_lev	I_norm
0.001700	0.013600	1	1	10.000000	11	0.001500	0.014900	0.163900	0.177500	0.009342
0.001700	0.013600	1	2	20.000000	11	0.001500	0.029500	0.324500	0.338100	0.017795
0.001700	0.013600	1	3	30.000000	11	0.001500	0.044000	0.484000	0.497600	0.026189
0.001700	0.013600	1	4	40.000000	11	0.001500	0.058200	0.640200	0.653800	0.034411
0.001700	0.013600	1	5	50.000000	11	0.001500	0.072300	0.795300	0.808900	0.042574
0.001700	0.013600	1	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	0.960700	0.050563
0.001700	0.013600	1	0	0.000000	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.013600	0.000716
0.003500	0.028000	2	1	10.000000	11	0.001500	0.014900	0.163900	0.191900	0.010100
0.003500	0.028000	2	2	20.000000	11	0.001500	0.029500	0.324500	0.352500	0.018553
0.003500	0.028000	2	3	30.000000	11	0.001500	0.044000	0.484000	0.512000	0.026947
0.003500	0.028000	2	4	40.000000	11	0.001500	0.058200	0.640200	0.668200	0.035168
0.003500	0.028000	2	5	50.000000	11	0.001500	0.072300	0.795300	0.823300	0.043332
0.003500	0.028000	2	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	0.975100	0.051321
0.005200	0.041600	3	2	20.000000	11	0.001500	0.029500	0.324500	0.366100	0.019268
0.005200	0.041600	3	3	30.000000	11	0.001500	0.044000	0.484000	0.525600	0.027663
0.005200	0.041600	3	4	40.000000	11	0.001500	0.058200	0.640200	0.681800	0.035884
0.005200	0.041600	3	5	50.000000	11	0.001500	0.072300	0.795300	0.836900	0.044047
0.005200	0.041600	3	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	0.988700	0.052037
0.006900	0.055200	4	4	40.000000	11	0.001500	0.058200	0.640200	0.695400	0.036600
0.006900	0.055200	4	5	50.000000	11	0.001500	0.072300	0.795300	0.850500	0.044763
0.006900	0.055200	4	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	1.002300	0.052753
0.008700	0.069600	5	5	50.000000	11	0.001500	0.072300	0.795300	0.864900	0.045521
0.008700	0.069600	5	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	1.016700	0.053511
0.010500	0.084000	6	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	1.031100	0.054268
0.012200	0.097600	7	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	1.044700	0.054984
0.013900	0.111200	8	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	1.058300	0.055700
0.000000	0.000000	0	1	10.000000	11	0.001500	0.014900	0.163900	0.163900	0.008626
0.000000	0.000000	0	2	20.000000	11	0.001500	0.029500	0.324500	0.324500	0.017079
0.000000	0.000000	0	3	30.000000	11	0.001500	0.044000	0.484000	0.484000	0.025474
0.000000	0.000000	0	4	40.000000	11	0.001500	0.058200	0.640200	0.640200	0.033695
0.000000	0.000000	0	5	50.000000	11	0.001500	0.072300	0.795300	0.795300	0.041858
0.000000	0.000000	0	6	60.000000	11	0.001500	0.086100	0.947100	0.947100	0.049847

20. ábra. A CO+NO_x szennyezők együttes attribútum táblája

A két IMPACT II részindexet (I_{co}, I_{nox}) az előbb ismertetett módszerrel (*add field* és *calculate*) minden egyes részre összesítettem, ezzel a levegő környezeti tényezőjének az IMPACT II indexéhez (I) jutottam:

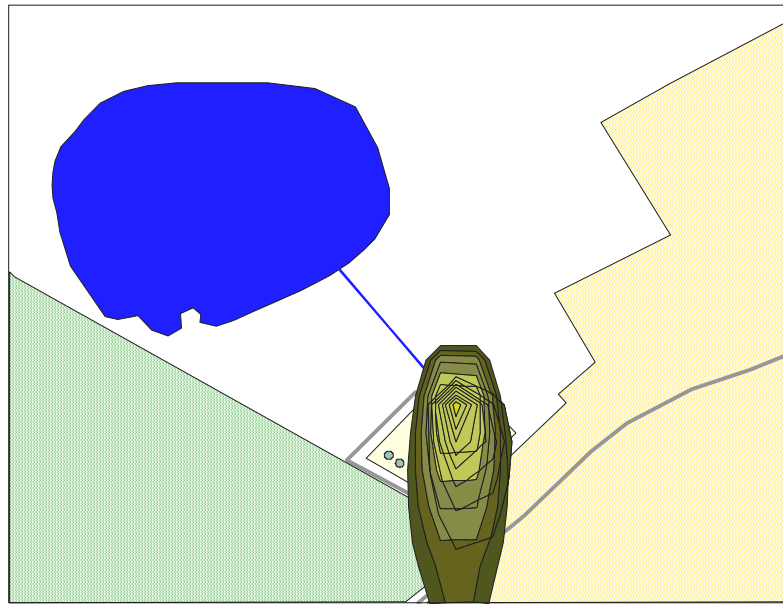
$$I = \sum I_{iw} I_{ic} = I_{co} + I_{nox} = I_{co[W]} I_{co[C]} + I_{nox[W]} I_{nox[C]} \quad (46)$$

Az eredmény a 4.1.4. pontban leírtak szerint normalizálás után ábrázolható. A normalizálásra azért van szükségünk, hogy minden egyes környezeti tényező egyforma súllyal essen latba a végső IMPACT II index számításakor. A normalizálás utáni értékek az ismertettek szerint számíthatók és hozzárendelhetők az attribútum táblázathoz.

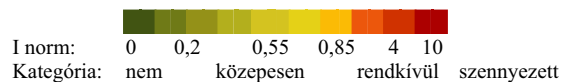
$$I_{Norm} = 10(\sum I_{iw} I_{ic} / \sum I_{iw}) \quad \text{amely jelen esetben } \sum I_{iw} = 8+11 \text{ azaz} \quad (47)$$

$$I_{Norm} = 10(\sum I_{iw} I_{ic} / 19) \quad (48)$$

A levegő környezeti tényezők átlapolását a 21. ábra mutatja be. A tényezők izovonalai szemléltetik az átlapolás eredményét.



21. ábra. A levegő környezeti tényezőjének átlapolt térképe



Felszíni víz

A felszíni vízben jelen esetben egy komponensre mérhető szennyeződés található, a nitrát. Feltételezés szerint három mérési eredménnyel számoltam:

- a kibocsátási ponton,
- a halastóba történő befolyáskor,
- a halastó másik végében mért koncentráció esetén.

7. táblázat. A Nitrát mérési eredmények felszíni vízben

Komponens	Határérték mg/l	Mért érték mg/l kibocsátás	Mért érték mg/l halastó/csatorna	Mért érték mg/l halastó
Nitrát	80,00	85,00	72,00	32,00

A mérési eredményekből adódó koncentráció eloszlást a 22. ábra mutatja:

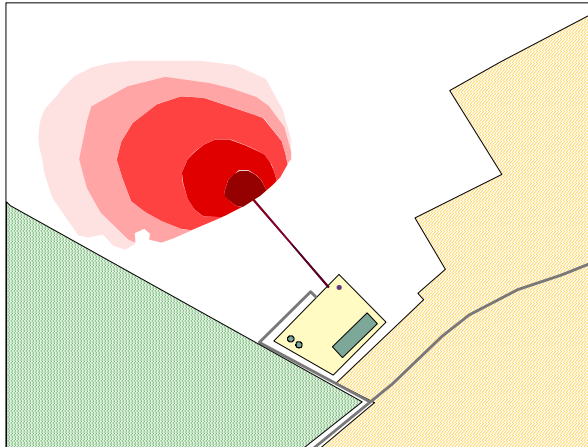
A koncentráció eloszlás szemlélteti a természetben lejátszódó hígulási folyamatokat. A legmagasabb (határérték feletti) koncentráció a befolyás környezetében mérhető.

A nitrát ion formájában van jelen a felszíni vízben, ezért veszélyességének meghatározása a levegőnél említett módszerrel nem lehetséges. Ez a 4.1.1. pontban felsorolt indokok alapján a $M_{NO_3[W]}$ érték **1**. Mivel jelenleg egy paramétert vizsgálok, ezért ez semmiféle értékelési hibát nem eredményez, mert a normalizálás során az indexet a súlyok összegével, azaz önmagával osztanánk.

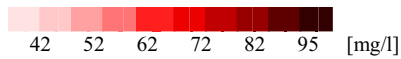
A koncentrációtól függő meghatározáshoz a felhasznált határérték a kibocsátási határérték.

M_{NO_3} , nitrát [mg/l], határérték:80 mg/l
 A λ számítása, azaz $F(C_{NO_3}) = 0,1 = 1 - e^{-\lambda C_{NO_3}}$

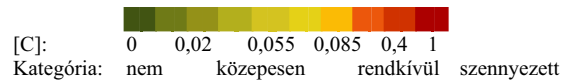
$$\lambda (M_{NO_3[C]}) = 1,31 \cdot 10^{-3}$$



22. ábra. A NO3 koncentráció eloszlása



23. ábra. A NO3 szennyező IMPACT II részindexe



A koncentrációkat és a hozzárendelt IMPACT II részindexeket a 22. és a 23. ábra mutatja:

8. táblázat. A NO3 koncentrációk és hozzárendelt IMPACT II részindexek

NO ₃ koncentráció [mg/l]	M_{NO_3}	M_{Norm}
95,00	0,117300	1,173000
82,00	0,102000	1,020000
72,00	0,090200	0,902000
62,00	0,078200	0,782000
52,00	0,065900	0,659000
42,00	0,053600	0,536000

A szennyező komponens attribútum táblájának a feltöltése megegyezik a levegőnél ismertekkel, azzal a különbséggel, hogy most nem kellett az egyes komponensek átlapolási műveletét elvégezni (mivel csak egy komponenst vizsgálunk).

Zaj

Az üzemi tevékenység nappal történik, ezzel párhuzamosan zajkibocsátása is ekkor jelentkezik. A példa szerint az üzem zajkibocsátása 98 dB. A közelben lévő védendő objektumoknál a határérték a 8/2002 sz. Kormányrendelet alapján 50 dB nappal, az alpszaj 35 dB. Az input adatok meghatározására mérés, vagy a 3.1. pontban ismertetett MSZ 15036 Hangterjedés a szabadban című szabvány ad a meghatározásra lehetőséget.

A veszélyességet jelző szám megállapítása a 4.1.1. pont alapján történt, azaz $P[W] = 1$.

A koncentrációtól függő meghatározáshoz a felhasznált határérték, a vonatkozó jogszabályok szerint 50 dB.

P, üzemi zaj [dB], határérték: 50 dB

A λ számítása, azaz $F(C_{zaj}) = 0,1 = 1 - e^{-\lambda C_{zaj}}$

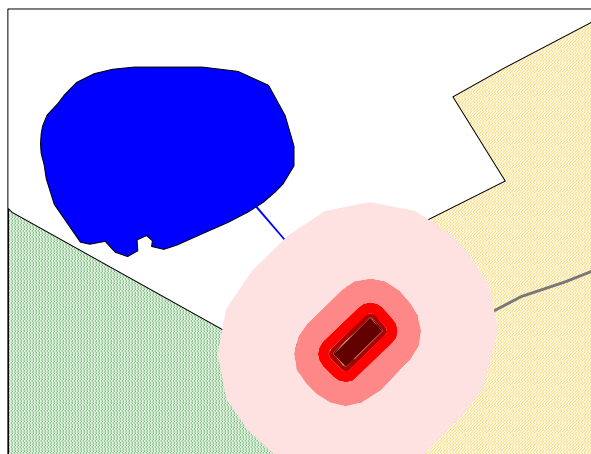
$$\lambda (P_{[C]}) = 2,1 \cdot 10^{-3}$$

A távolságok függvényében a zajterhelések, a származtatott IMPACT II indexek 9. táblázatban láthatók:

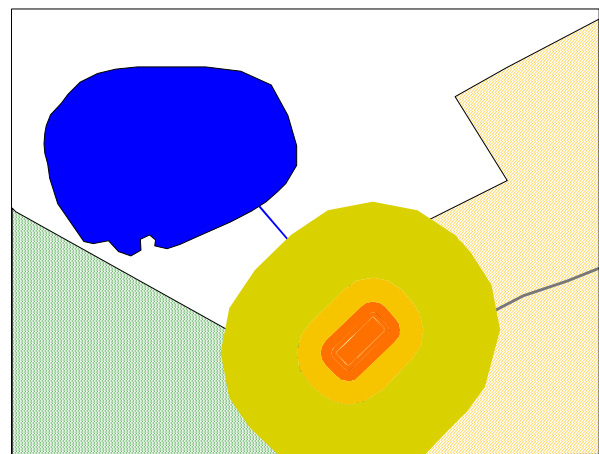
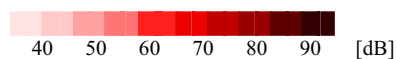
9. táblázat. Zajterhelések a távolság függvényében

Zajterhelés [dB]	Távolság [m]	IMPACT II Zaj	P_{Norm}
90	1,7	0,1723	1,7230
80	2,3	0,1547	1,5470
70	7,1	0,1367	1,3670
60	19	0,1183	1,1830
50	45,4	0,1000	1,0000
40	129	0,0806	0,8060

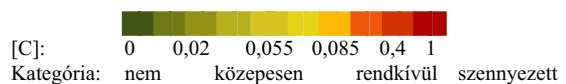
Az adatok megjelenítése és kezelése a levegőnél és a felszíni víznél részletezettek szerint történt. A zajterhelés eloszlását a 24. ábra, az IMPACT II részindexet a 25. ábra mutatja.



24. ábra. A zajterhelés eloszlása



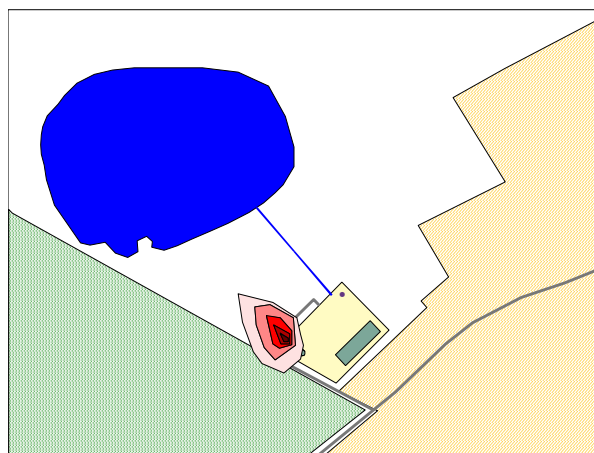
25. ábra. A zajterhelés IMPACT II részindexe



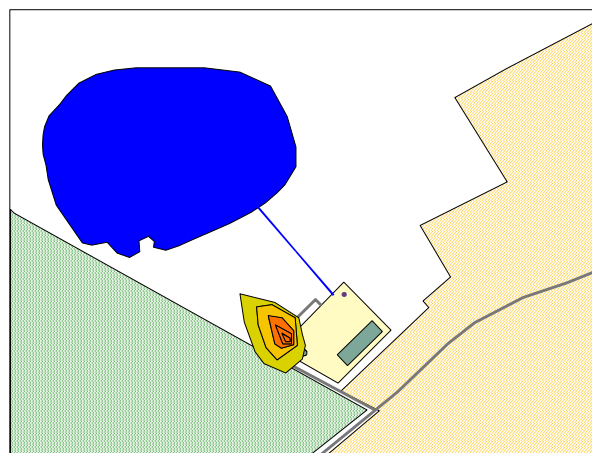
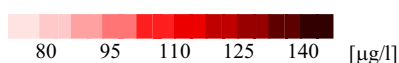
A maximális zajterhelés természetesen a kibocsátás közvetlen környezetében észlelhető. A csillapító hatások eredményeképpen gyorsan csökken az értéke, de ennek ellenére is határérték feletti terhelést jelent a lakott terület DNY-i részén.

Felszín alatti víz

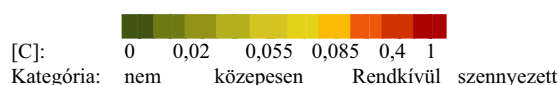
Feltételezés szerint 5 évvel ezelőtt a területen található olajtartály kilyukadt és tartalma a talajba szivárgott, majd onnan a talajvízbe került (havaria esemény). A feltárások alapján a szennyeződés kiterjedését és koncentráció eloszlását a 26. ábra szemlélteti. A lehatárolások alapján a maximális koncentráció 140 $\mu\text{g/l}$ a legalacsonyabb 80 $\mu\text{g/l}$.



26. ábra. A CH eloszlása felszín alatti vízben



27. ábra. A CH szennyező IMPACT II részindexe



Mivel a feltételezett havária esemény 5 évvel ezelőtt történt, a szennyezőanyagok már nem a felszakadt tartály alatt, hanem a szivárgás irányába (halastó felé) migrálnak, határérték feletti koncentrációban.

A szénhidrogén veszélyességet jelölő számának a meghatározása ismételen a 4.1.1. pontban felsoroltak alapján történt:

A szén-hidrogének a 8006-8004/2000_EüM tájékoztató szerint, T besorolású R mondatok: 45-65; S mondatok: 53-45. A 44/2000 EüM rendelet alapján tehát nem robbanásveszélyes, az égést táplálja, tűzveszélyes (F), nem mérgező nem maró, nem irritatív, túlérzékenységet nem okoz, 2 kategóriájú rákkeltő, nem mutagén, nem reprodukció károsító, bőrön át nem szívódik fel, nem kummulálódik a környezetre veszélyes. Ez alapján a szén-hidrogének veszélyességét jelölő száma [W] = **8**.

10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről a 3. számú melléklete határozza meg a felszín alatti vizekben megengedhető koncentrációt. A (B) szennyezettségi határérték felszín alatti víznél az ivóvízminőség és a vízi ökoszisztéma igényei, földtani közeg esetében a talajok multifunkcionalitásának és a felszín alatti vizek szennyezéssel szembeni érzékenységének figyelembevételével meghatározott kockázatos anyag koncentráció, jelen esetünkben a figyelembe vett határérték.

A_{CH} , Összes alifás szénhidrogén (TPH) [µg/l], (B) határérték: 100 µg/l

$$\text{A } \lambda \text{ számítása azaz } F(C_{CH}) = 0,1 = 1 - e^{-\lambda C_{ch}}$$

$$\lambda (A_{CH[C]}) = 1,05 \cdot 10^{-3}$$

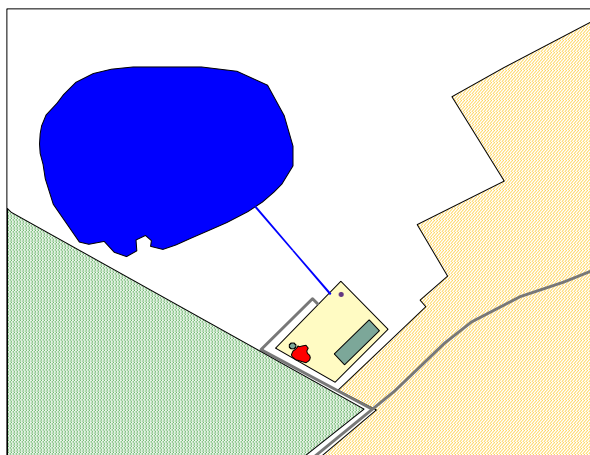
10. táblázat. A CH szennyezés eloszlása és a hozzá tartozó IMPACT II részindex

CH koncentráció [µg/l]	IMPACT II CH	A _{Norm}
80,00	0,6448	0,8060
95,00	0,7592	0,9490
110,00	0,8728	1,0910
125,00	0,9840	1,2300
140,00	1,0936	1,3670

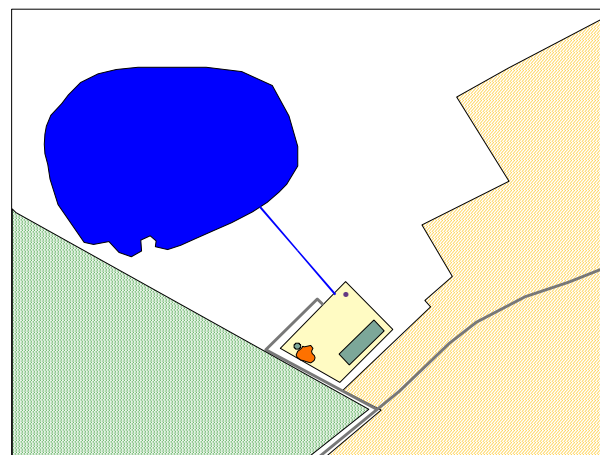
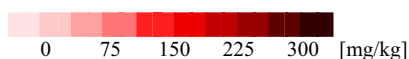
Az ábrázolási és attribútum módosítási eljárások a fentiekkel megegyeznek.

Talajszennyezés

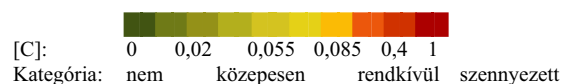
28. ábra Az 5 évvel ezelőtti, feltételezett olajkiömlés után a kármentesítést nem végezték el, a szennyezett talaj a helyszínen maradt. A különböző folyamatok révén a szennyeződés a felszín alatti vizekbe került, és a talajban is megmaradt. Ennek a kiterjedését 28. ábra mutatja. Mennyisége mérés alapján 150 mg/kg.



28. ábra. A talajszennyezés elhelyezkedése



29. ábra. A talajszennyezés IMPACT II részindexe



A szén-hidrogének a 8006-8004/2000_ EüM tájékoztató szerint, T besorolású R mondatok: 45-65; S mondatok: 53-45. A 44/2000 EüM rendelet alapján tehát nem robbanásveszélyes, az égést táplálja, tűzveszélyes (F), nem mérgező nem maró, nem irritatív, túlérzékenységet nem okoz, 2 kategóriájú rákkeltő, nem mutagén, nem reprodukció károsító, bőrön át nem szívódik fel, nem kummulálódik a környezetre veszélyes. Ez alapján a szén-hidrogének veszélyességét jelölő szám [W] = 8.

10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről szóló rendelet 2. számú melléklete határozza meg a földtani közegekben megengedhető koncentrációt. A számítások során itt is a (B) szennyezettségi határértéket vettem figyelembe.

C_{CH}, Összes alifás szénhidrogén (TPH) C5-C40 [mg/kg], (B) határérték: 100 mg/kg

A λ számítása, azaz $F(C_{CH}) = 0,1 = 1 - e^{-\lambda C_{CH}}$

$\lambda (A_{CH[C]}) = 1,05 \cdot 10^{-3}$

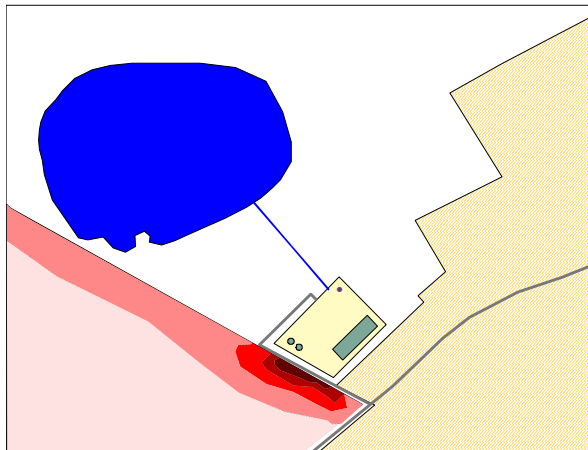
A 150 mg/kg értékehez tartozó IMPACT II érték $C_{CH} = 1,1664$ a

$C_{Norm} = 1,458$

A szennyezőanyag térinformatikai feldolgozása a levegőnél ismertetett módszerekkel történik.

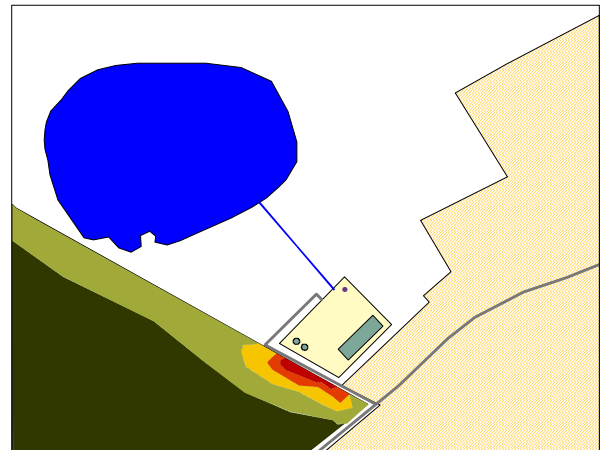
Egyéb tényezők

A helyszínen megtörtént a déli oldalon található védő erdősáv ökológiai felmérése. A felmérés alapján lehatárolásra kerültek a nem károsodott, mérsékelten károsodott, károsodott, rendkívül károsodott és elhalt területek (30. ábra) A többi, más művelési ágú mezőgazdasági terület, felmérése nem történt meg.



30. ábra. Az ökológiai felmérés eredménye

nem mérsékelten rendkívül károsodott



31. ábra. Az ökológiai pusztulás IMPACT II részindexe

[C]: 0 0,02 0,055 0,085 0,4 1
Kategória: nem közepesen rendkívül szennyezett

A példa szerint a legjobban károsodott rész az üzem DNY-i részéhez közel eső terület, amely a folyamatos levegőszennyező anyag kibocsátásnak, illetve a havária eseménynek köszönhető.

Mivel ez a tényező nem szennyező anyaghoz kötött, ezért a továbbiakban a veszélyességi súlyát $T_{[W]} = 1$ -nek tekintem. Koncentrációtól függő faktorról sem beszélhetünk, de a fenti kategóriákhoz hozzárendeltem $[0,1]$ függvénytartományban, szigmoid függvény alapján egy értéket. Ez alapján $F(C) = 0$ ha nem károsodott, $F(C) = 0,05$ ha mérsékelten károsodott, $F(C) = 0,1$ ha károsodott, $F(C) = 0,5$ ha rendkívül károsodott és $F(C) = 1$ ha elhalt az állomány, amely jelen esetben az IMPACT II részindex értékét is jelenti.

Az IMPACT II index számítása

AZ IMPACT II (I^{II}) indexet a különböző környezeti tényezők IMPACT II részindexeinek (I, M, P...) normalizálás utáni értékéből számíthatjuk (I_{Norm} , M_{Norm} ...) azaz:

$$I^{II} = I_{Norm} + M_{Norm} + P_{Norm} + A_{Norm} + C_{Norm} + T_{Norm} \quad [0,60] \quad (49)$$

A térinformatikai feldolgozás ismét a *geoprocessing* modul *overlay/union* parancsával történt. Majd, a már többször végrehajtott attributum értékek módosítása is (*add filed calculate*) végrehajtásra került.

A 11. táblázat mutatja be a szennyező komponensek veszélyességét jelző számának meghatározását.

11. táblázat. A szennyezőanyagok veszélyességét jelölő számának meghatározása

Ssz	Tulajdonság	Veszélyt jelző szám	I _{CO}	I _{NOx}	M _{NO3}	P	A _{CH}	C _{CH}	T
<i>Fizikai-kémiai tulajdonságok</i>									
1.1	Fokozottan robbanásveszélyes	3							
	Robbanásveszélyes	2							
	Kevésbé robbanásveszélyes	1							
	Nem robbanásveszélyes	0							
1.2	Égést tápláló, oxidáló	3		X					
	Égést nem táplálja, nem oxidáló	0							
1.3	Fokozottan tűzveszélyes	3	X						
1.4	Tűzveszélyes	2					X	X	
1.5	Kevésbé tűzveszélyes	1							
	Nem tűzveszélyes	0							
<i>Toxikológiai sajátosságok</i>									
2.1	Nagyon mérgező	3		X					
2.2	Mérgező	2	X						
2.3	Ártalmatlan	1							
	Nem mérgező	0							
2.4	Maró	2		X					
	Nem maró	0							
2.5	Irritatív	1							
	Nem irritatív	0							
2.6	Túlérzékenységet okozó	1							
	Túlérzékenységet nem okozó	0							
2.7	Specifikus egészségkárosító	2							
	Specifikus egészségkárosító hatása nincs	0							
2.8	Rákkeltő 1,2 kategória	3					X	X	
	Rákkeltő 3 kategória	2							
	Nem rákkeltő	0							
2.9	Mutagén 1,2 kategória	3							
	Mutagén 3 kategória	2							
	Nem mutagén	0							
2.10	Reprodukció-károsító 1,2 kategória	3	X						
	Reprodukció-károsító 3 kategória	2							
	Nem reprodukció károsító	0							
2.11	Bőrön át felszívódik	2							
	Bőrön át nem szívódik fel	0							
	Kumulálódik	1							
	Nem kumulálódik	0							
<i>Ökotoxikológiai tulajdonságok</i>									
3	Környezeti veszély	3		X			X	X	
	Környezetre nem veszélyes	0							
			8	11	1	1	8	8	1

A szennyező komponensek, az IMPACT II index számításához szükséges adatainak összesítését a 12. táblázat rendszerezi.

12. táblázat. Az értékelés során vizsgált szennyező anyagok és környezeti tényezők

IMPACT II-tényező	Veszélyesség [W]	Koncentráció faktor [C]	pontérték
I Levegő szennyező anyagok határérték		órás / 24 órás / éves	0-19
$I_{\text{üCO}}$ Szén-monoxid [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] határérték:10000/5000/3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$I_{\text{üCO}[W]}=8$	$\lambda (I_{\text{üCO}[C]}) = 3,51 * 10^{-5}$	
$I_{\text{üNOx}}$ Nitrogén-oxidok [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] határérték:200/150/70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$I_{\text{üNOx}[W]}=11$	$\lambda (I_{\text{üNOx}[C]}) = 1,5 * 10^{-3}$	
M Felszíni víz szennyezők			0-1
M_{NO_3} Nitrát [mg/l] határérték:80 mg/l	$M_{\text{NO}_3[W]}=1$	$\lambda (M_{\text{NO}_3[C]}) = 1,31 * 10^{-3}$	
P Zajterhelés			0-1
$P_{\text{ü}}$ Zajterhelés üzemelés [dB] határérték:50 dB	$P_{\text{ü}[W]}=1$	$\lambda (P_{\text{ü}[C]}) = -2,1 * 10^{-3}$	
A Felszín alatti víz-szennyező anyagok			0-8
A_{CH} Szénhidrogén [mg/l] határérték:100 $\mu\text{g}/\text{l}$	$A_{\text{CH}[W]}=8$	$\lambda (A_{\text{CH}[C]}) = 1,05 * 10^{-3}$	
C Talaj szennyezők			0-8
C_{CH} Szénhidrogén [mg/kg] határérték:100 mg/kg	$C_{\text{CH}[W]}=8$	$\lambda (C_{\text{CH}[C]}) = 1,05 * 10^{-3}$	
T Egyéb tényezők			0-1
T_{E} Erdő állapot Nem károsodott/károsodott/ rendkívül károsodott /elhalt	$T_{[W]}=1$	$T_{[C]}= 0 / 0,1 / 0,5 / 1$	

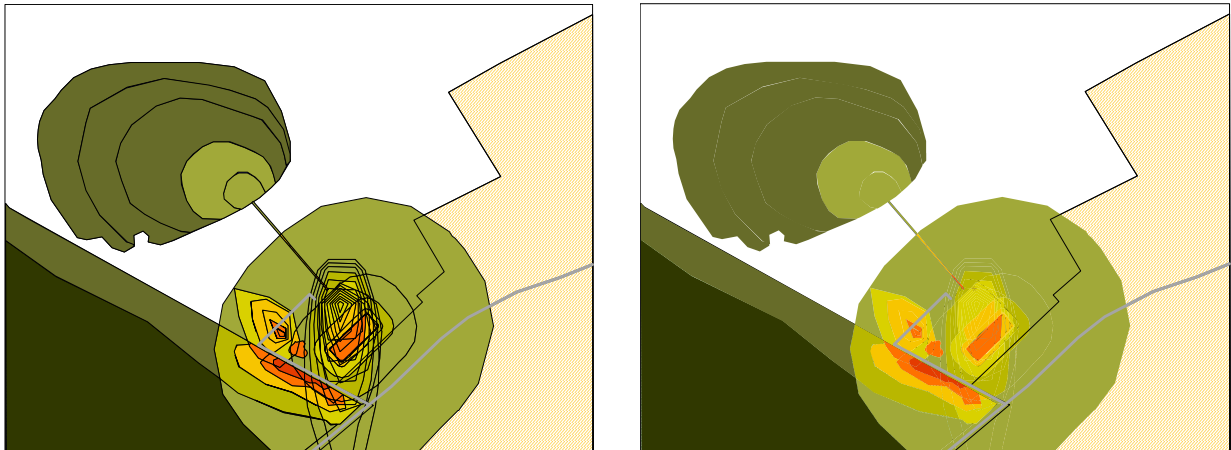
Az eredménytérkép bemutatása

A különböző környezeti tényezők térképeinek átlapolásával kaptam meg a végleges I^{II} index értékeket ábrázoló térképet, melyet a 32. ábra, míg az átlapolási művelet logikáját az 5. melléklet mutatja. A 13. táblázatban a színek és az IMPACT II index értékeinek kapcsolatát láthatjuk.

Az eredményül kapott térképen az IMPACT II index legmagasabb értékeit az üzem közvetlen környezetében, annak NY-i részén és az erdő ÉK-i sarkában figyelhetjük meg.

A magas értékeket általában egy tényező magas, határérték feletti értékei okozzák. Jól megfigyelhető a zaj hatása az üzem körül, a talajszennyezés kiugró foltja, az elhalt erdő rész, a felszín alatti vízszennyezés.

Ezeken a területeken, az egyes környezeti tényezők csökkentésével jelentős javulásokat lehet elérni. Például kármentesítéssel a felszín alatti víz szennyezése megszűnhetne, zajárnyékoló falakkal, burkolatokkal a lakott területeken határérték alá csökkenthető a zajterhelés.



32. ábra. IMPACT II eredménytérkép kontúrokkal és anélkül
A színezés jelkulcsa a 13. táblázatban

Több tényező hatásának együttes hatása figyelhető meg az erdő É-i és K-i végén. Az É-i részen a felszín alatti víz, a zajterhelés és az erdő károsodása, a K-i részen a zajterhelés, levegőszennyezés és az erdőkárosodás által. Ezeken a területeken a beavatkozás nehezebb, mert több tényező szennyezését mértékét kell csökkenteni a javulás érdekében.

13. táblázat. A térképek színezéséhez szükséges értékek és kategóriák

	Nem szennyezett		Enyhén szennyezett		Közepesen szennyezett		Szennyezett		Rendkívül szennyezett	
	0	0,2	0,4	0,8	1,1	1,4	1,7	2	8	45
IMPACT II. [0,60]										

4.1.6. Az adatok és az értékelő rendszer megbízhatóságának vizsgálati lehetősége

A mérőműszerek mérési megbízhatóságából származó adatgyűjtési és a számolási módszerek megbízhatóságából adódó modellezési hibák befolyásolják az adatok, ezzel együtt az értékelési rendszer megbízhatóságát.

Az adatok pontosságát egyrészt a valódi és a modellezett érték különbségével, a hibával, másrészt a hiba jellemzésére szolgáló szórással, vagy középponttal jellemezhetjük. A térbeli adatok általában a valós világ generalizációjának eredményei, ezért gyakran nehéz a valódi értéket azonosítani; ennek következtében általában bizonyos értékeket hibátlannak tételeznek fel (Márkus 1994).

Az egyes adatok pontosságát az jellegüknek megfelelően különböző módszerekkel kell vizsgálni. Az egyik leggyakrabban alkalmazott vizsgálat a tévesztési mátrix elkészítése bizonyos számú véletlenszerűen elosztott pont felvételével, az azokhoz az adatbázisban tartozó osztály meghatározásával, majd ugyanezen a pontok a helyszínen való osztályának meghatározásával.

Ideális esetben valamennyi pont a mátrix főátlójára illeszkedne, s ez azt jelentené, hogy a helyszínen megfigyelt és az adatbázisban szereplő osztály azonos. Azonosítási hiba akkor jelentkezik, ha valamely pont helyszínen megfigyelt és az adatbázisban szereplő osztálya különböző.

Az enyhén szennyezett osztályhoz tartozó hibás pontok számát az enyhén szennyezett oszlop nem szennyezett, közepesen szennyezett, szennyezett és rendkívül szennyezett sorában szereplő értékeinek összege adja. Ezek azok a pontok, amelyek a helyszínen a nem szennyezett osztályhoz tartoznak, de az adatbázisban más osztálynál szerepelnek.

További azonosítási hiba jelentkezik akkor is, ha valamely, az adatbázisban szereplő osztály a helyszínen nem létezik.

A helyesen osztályozott esetek százalékaránya jellemző, ezért ezek alkalmazásával a megbízhatóság kifejezhető és összehasonlítható. A használható jellemzők közé tartozik a diagonális százalékarány és a Cohen-féle Kappa index. A diagonális százalékarány a mátrix főátlójában szereplő értékek és a teljes érték hányadosát jelenti, a Cohen-féle Kappa index felhasználásával pedig a főátlóban várható eltérő értékek száma becsülhető meg.

Az egyes főátlóban szereplő elemekhez tartozó várható eltérések számát a megfelelő sorok és oszlopok összegének szorzata és az összes előforduló eset hányadosa adja. Ez a q érték. A kappa index számítása:

$$k = (d - q) / (N - q) \quad (50)$$

ahol d a főátlóban szereplő elemek száma, q a főátlóban várható eltérő értékek száma, N az összes esetek száma

A Kappa index 0 és 1 közötti érték. Ez az adatbázis egészét, nem pedig az egyes objektumok koordinátáit és attribútumait jellemzi.

Az eredmények számítására másik modellezési eljárást is használhatunk, azonban hasonló problémák, bizonytalanságok merülhetnek fel, csak a feldolgozásra szánt idő növekedne meg, a pontosság számottevően nem változna. A mérés hátrányai mellett alkalmas, a gazdasági szempontokat is figyelembe véve, maximum egy-két ponton, kevés komponensre, ideális körülmények között és viszonylag hosszú idő alatt a modell ellenőrzésére.

Az IMPACT II értékelési rendszer pontossága és érzékenysége

Értékelési rendszeremhez különböző forrásokból származó, és különböző pontosságú adatokat használtam fel, ezáltal az értékelési szabályok alkalmazása során a hibák összeadódnak, erősíthetők, illetve közömbösíthetők egymást. A példaként felhasznált tervezett üzemben a különböző szennyező komponensek koncentráció-eloszlását, illetve IMPACT II részindexeit tartalmazó rétegeit lapoltam át, összegeztem, ezért az alkalmazás pontosságát a legkisebb pontosságú réteg határozza meg

Mivel az értékelő rendszer alapja a különböző rétegek súlyozott összegzése, a tényleges pontosság lényegesen jobb lehet a legkevésbé pontos réteg pontosságánál (Márkus 1994 in Core Curriculum 46. fejezet Műveleti hibák, A) Hibaterjedés).

A módszer megbízhatóságának számítását a tervezett üzem példáján végeztem el, a levegő és zaj környezeti tényezőkre.

A gyártó adatai alapján a zajmérésre felhasznált mérőműszer pontossága ± 2 dB. Ha a mérési eredményem 70 dB volt akkor a megbízhatósági intervallum 68-72. A nitrogén-oxidok

és szén-monoxid méréseknél ilyen adat nem állt rendelkezésre, viszont a megadott mérési eredmény egy mérési sorozat átlageredménye volt. Az eredmények szórásából számolva a mérési pontosság az NO_x esetén ± 3,5 µg, CO esetén ± 8 µg.

A vizsgálatot egy adott pontra, feltételezett, de a gyakorlatban általánosan mérhető eredményekre végeztem el. Így a zaj 70 dB± 2dB, NO_x 60 µg ± 3,5 µg, CO 400 µg ± 8 µg. Ebből a rétegek pontossága zaj esetén 97,13 %, NO_x 94,16 % és CO 98 % . A legkisebb pontosság a NO_x esetén adódott ezért a teljes rendszerre jellemző ez a pontosság, azaz rendszer pontossága az adott pontban 94,16 %.

A súlyozás és a normalizálás a következőképpen alakította az eredményeket a levegő komponensei esetében:

A veszélyességi súlyok értékei: [W] CO = 8, [W] NO_x = 11. A 44 képlet alapján az

$$I_{\text{Norm}} = 10(\sum I_{iw}I_{ic} / \sum I_{iw}), \text{ azaz } (8*0,9713+11*0,9416) / 19 = 0,9787 \text{ másképp } 97,87 \%$$

A zaj súlya [W] = 1, mivel a környezeti tényezőben egyedüli komponens volt, ezért a pontossága a súlyozás és normalizálás alatt nem változott.

A rendszer rétegeinek pontossága így: levegő 97, 87 %, zaj 97,13 %, azaz a teljes rendszer pontossága 97,13 %, ami jobb mint az eredeti rétegek közül a legkevésbé pontosé. Tehát az osztályozási rendszer javítja a rétegek pontosságát, azaz minél több réteggel dolgozunk, a pontosság annál nagyobb.

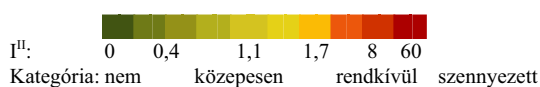
Az **érzékenység** vizsgálatok arra keressük a választ, hogy az eredményben milyen változást tapasztalunk a felhasznált adatok, a döntési súlyok változásával.

Az eredmény változása az adatok változásának hatására:

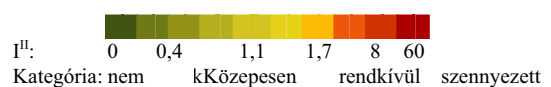
A vizsgálat során feltételeztem, hogy az NO_x immiszió értéke a kibocsátás növekedése miatt a duplájára növekedett, s ezáltal meghaladta a határértéket. A teljes értékelési módszert alkalmaztam a megváltozott értékekre, a végeredményt 33. ábra mutatja, amit az eredeti értékekkel hasonlítottam össze (34. ábra).



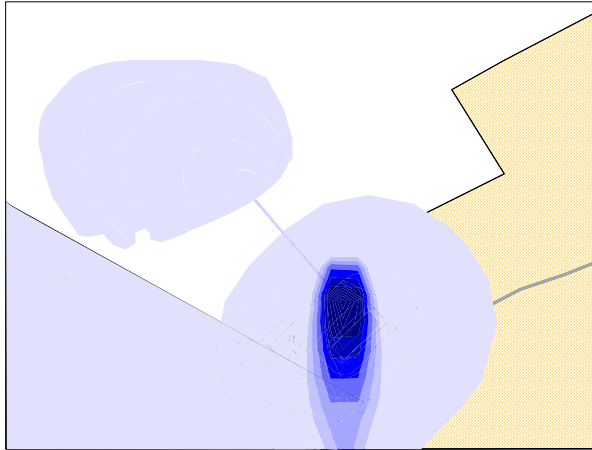
33. ábra. Az NO_x koncentrációjának módosításával kapott IMPACT II index



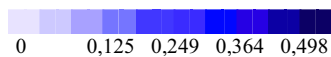
34. ábra. Az eredeti IMPACT II index értéke



A rendszer érzékenységét a két IMPACT II index különbségével, azaz a két réteg egymásból való kivonásával kaptam (35. ábra). A különbséget kék monokromatikus színskálán ábrázoltam. A legvilágosabb szín esetén a különbség elenyésző, nulla (azokon a területeken, ahol az NOx mint szennyező komponens nem volt jelen). A kék árnyalatainak sötéttedésével a különbség nő.



35. ábra. IMPACT II érzékenysége az NOx koncentráció változására



Jól megfigyelhető, hogy a szennyezőanyag értékének megduplázásával az IMPACT II index értéke is megnőtt, ezáltal az üzem területe a szennyezett kategóriába került, valamint több tényező szuperponálódása által az erdő területének nagyobb része került a szennyezett kategóriákba.

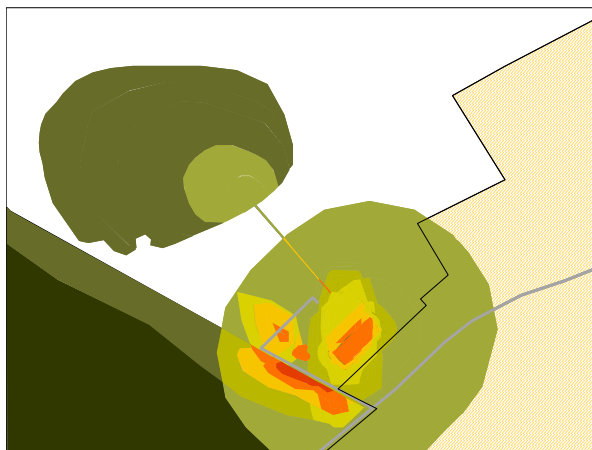
A különbség legnagyobb értéke 0,498 a NOx eloszlás „magjában”. Itt az I^{II} értéke 1,7181-ről 2,2165-re változott, ami 29 %-os növekedést jelent, azaz a tervezett üzem környezeti hatásainak IMPACT II módszerrel történő értékelésének érzékenysége a NOx koncentráció kétszeresére történő változása esetén 0-29 % közé esik.

Az eredmény változása a súlyok változásának hatására:

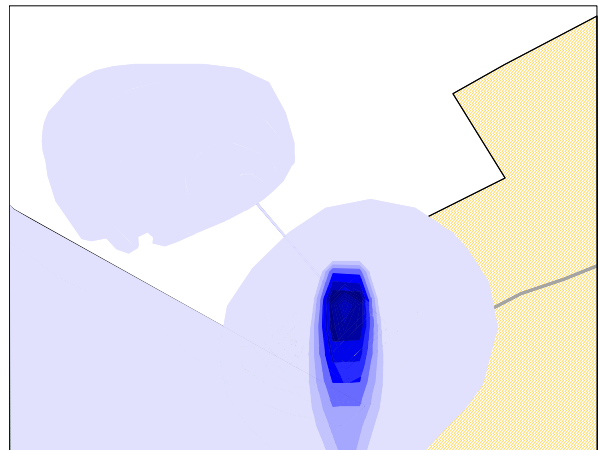
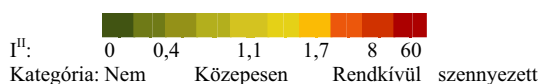
A súlyok hibájának meghatározása az adatok hibájával majdnem azonos jelentőségű.

A vizsgálat során ismét a NOx szennyező komponens súlyának, azaz veszélyességét jelölő számának változását vizsgáltuk. A feltételezések szerint a változás itt is kétszeres. Nem érdemes olyan komponens súlyát változtatni, amely a tényező egyedüli alkotója - mint például a zaj -, mert a normalizálás miatt változás nem lesz tapasztalható változás.

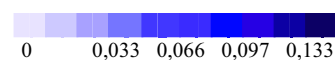
Ismét a teljes értékelési módszert lefuttattam a megváltozott értékekre, a végeredményt 36. ábra mutatja, amelyet az eredeti értékekkel hasonlítottam össze (34. ábra). Majd a két réteg kivonásával kaptam újra a különbséget, melyet a 37. ábra szemléltet



36. ábra Az NOx koncentrációjának módosításával kapott IMPACT II index



37. ábra IMPACT II index érzékenysége az NOx veszélyességi súlyának változására



A szennyezőanyag veszélyességét jelölő számának megduplázódásával az IMPACT II index értéke ismételen - bár kisebb mértékben - megnőtt. Az üzem területének csak kisebb része, valamint több tényező szuperonálódása által az erdő területének egy része került a szennyezett kategóriába. A különbség legnagyobb értéke 0,133 a NOx eloszlás „magjában”. Ezen a területen az I^{II} értéke 1,8886-ról 2,0216-re változott, ami 7 %-os növekedést jelent, azaz a tervezett üzem környezeti hatásainak IMPACT II módszerrel történő értékelésének érzékenysége a NOx veszélyességi súlyának kétszeresére történő változása esetén 0-7 % közé esik.

4.1.7. Az IMPACT II értékelési módszer összefoglalása

Az általam létrehozott IMPACT II értékelési rendszer egy, a környezeti hatások értékelésére alkalmas módszer. Egy adott terület jellemzésére szolgáló, a rendszer eredményeül kapott érték az IMPACT II index (I^{II}). Az I^{II} indexének számításához kialakított és felhasznált tényezők a szennyező komponens minőségétől függő súlya, azaz veszélyességét jelölő száma [W] és a mennyiséggel arányos értéke, a koncentrációjától függő faktora [C].

A veszélyességét jelölő szám [W] meghatározásával egy-egy szennyező komponens anyagi minőségét jellemezzük. A veszélyességi osztályba sorolási rendszer segítségével minden számításba jöhető szennyező komponens - az értékelési rendszerhez szükséges - veszélyessége megállapítható.

A szennyezőanyagok koncentrációtól függő faktorának [C] alkalmazásával a szennyező komponens mennyiségi tulajdonságait minősítettem. Az alkalmazott módszer szerint bármely szennyező komponens ezen értéke a határérték ismeretében meghatározható.

A különböző szennyező komponensek, környezeti tényezők IMPACT II részindexének számítása és ábrázolása térinformatikai szoftver alkalmazásával - jelen esetben ESRI ArcVIEW - lehetséges.

A komponensek, a környezeti tényezők és az eredmény ábrázolására alkalmazott színezési és besorolási rendszer a közlekedési lámpa színeinek és árnyalatainak segítségével szemléletesen bemutatható a szennyezettség. Jelentése: vörös = veszélyes, rendkívül szennyezett terület, sárga = figyelmeztetés, a terület szennyezett és zöld = nem szennyezett környezet.

Az értékelő rendszerhez, annak széleskörű alkalmazási lehetőségei miatt felhasználhatunk tényleges, vagy feltételezett (mért, modellezett) adatokat; ezért alkalmas meglévő üzemek környezeti állapotának, annak állandó és időszakos hatásainak, felmérésére, környezeti felülvizsgálatra, valamint tervezett üzemek várható hatásainak vizsgálatra - építkezés, üzemelés és felhagyás során -, azaz környezeti hatásvizsgálatra.

Kiválóan hasznosítható egy meglévő vagy tervezett veszélyes üzem megtörtént vagy feltételezett káreseményeinek modellezésére, ezáltal a meglévő és lehetséges együttes hatásainak az elemzésére.

Az esetleges időbeni változások nyomon követése is végrehajtható a megváltozott komponensek, tényezők újraértékelésével, majd az előző állapottal való összehasonlításával.

Az értékelő rendszer tervezett üzemen való alkalmazásával a módszer „működését”, annak megbízhatóságát vizsgáltam feltételezett kibocsátási értékekkel rendelkező szennyező komponensekre. Végigkövettem a veszélyességet jelölő szám [W] és a koncentrációtól függő faktor [C] meghatározását, bemutattam a térinformatikai feldolgozás módszerét, s végül ábrázoltam a kialakított színezési rendszer szerint. Eredményül a várható szennyezettséget megkaptam.

Kizárólag a végeredmény vizsgálata esetén az egyes komponensek határérték túllépése nem látható, csak az együttes szennyezettség. Ezeket a túllépéseket az egyes szennyező komponensek előzetes vizsgálatával deríthetjük ki (amely meg is történik a rendszer alkalmazása során), valamint a későbbiekben, a 4.3. pontban bemutatott döntési megoldást dolgoztam ki.

További probléma merülhet fel a bűzanyagok esetében, mert az észlelési küszöbérték jóval kisebb, mint az érvényes határérték. A lakosság érzékeny erre a komponensre, viszont az értékelési rendszer nem emeli ki a jelentőségét. A bűzanyagok terjedése a levegőszennyezőanyagok terjedéséhez köthető, tehát a levegő környezeti tényezőhöz tartozik, ezért - bár alkalmazható lenne ez is - nem ajánlatos az egyéb tényező kategóriába átsorolni. Lehetőségünk van a komponens súlyát megnövelni, de ezzel elvesztenénk a veszélyességi besorolás alkalmazásának lehetőségét. A javasolt módszer a koncentrációtól függő faktor számításakor a határérték helyett az észlelési küszöbértékhez viszonyítani.

Mindazonáltal elmondható, hogy az értékelési rendszer alkalmazása sikeresnek mondható, a kapott eredmény nem tért el a várható értékektől, a felismert hiányosságok kiküszöbölése pedig fejlesztheti a módszert. Az értékelési szabályok, döntési súlyok alkalmazásával a teljes rendszer megbízhatósága a bemenő adatok megbízhatóságánál magasabb lett.

A komplex, minden környezeti elemre kiterjedő hatás- és felülvizsgálatoknál az általam kifejlesztett IMPACT II értékelési rendszer számszerűsíthető és összehasonlítható eredményt ad. A minél pontosabb eredmények érdekében törekedni kell arra, hogy értékelési rendszerhez szükséges összes adat, minden környezeti tényezőre rendelkezésre álljon a szükséges vizsgálatokkal, feltárásokkal együtt.

4.2. Az IMPACT II értékelő rendszer alkalmazása konkrét esettanulmányon

4.2.1. Az esettanulmány tárgyának bemutatása

Az értékelő rendszer bemutatására esettanulmányként a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyének vizsgálati anyagát használtam fel.

A Linde Gáz Magyarország Rt. 100 %-ban a németországi székhelyű Linde Konzern tulajdona, a több mint 120 Linde Konzern társaság egyike. A Linde 1879 óta működik, napjainkban, nemzetközi viszonylatban is, a vezető cégek közé tartozik az ipari berendezések, az anyagmozgatás, a hűtéstechnika és a műszaki gázok gyártása, értékesítése területén.

Magyarországon a Linde Gáz Magyarország Részvénytársaságot 1992-ben alapították répcelaki székhellyel. A Társaság Répcelaki Telepének területe: 15 ha, beépítettsége: 17,3 %, a terület jelentős részén szilárd burkolatú utak találhatók. Földrajzi elhelyezkedését a 6. és 7. melléklet ismerteti. A Társaság 1997. óta működtet MSZ EN ISO 14001 szabvány szerinti, harmadik fél által tanúsított, Környezet Irányítási Rendszert. A rendszer részét képező Környezetvédelmi Politikájában rögzítette céljait, melyek közé tartozik, többek között, a jogszabályi követelmények betartása, környezetterhelések minimalizálása és az érintett felek tájékoztatása.

Az üzem tevékenységi köre komplex, amelynek részei a következők:

- szén-dioxid bányászat, tisztítás (T-sor, V-sor, nyersgáz-előkészítő, Katox),
- kevert gáz (CO₂, CH₄) bányászat, gázszétválasztás (Gáz Membrán szeparátor),
- dinitrogén-oxid előállítás (Dinox),
- hőenergia előállítás,
- alternatív energia előállítás (gázmotorok).

Az üzemnek széles körű a cég környezettel való kapcsolata, az arra történő hatásai. A témakör, illetve a terület kiválasztását a rendelkezésre álló részletes adatok és azok környezettel való összetett kapcsolata indokolja, valamint az, hogy a cégvezetés, környezettudatos tevékenysége során, támogatja telephelyei környezetre gyakorolt hatásainak megismerését.

A tisztító berendezések üzemeltetése, a hő-, illetve alternatív energia előállítása a levegőnek szennyezőanyaggal történő terhelésével jár. A 11 db pontforrás 6 különféle szennyezőanyagot bocsát ki. (Részletezve a 4.2.2. pontban.)

A répcelaki telephelyen, mind a kommunális, mind a Dinox üzem szennyvizeinek lebontására képes, biológiai szennyvíztisztító, valamint a területen található LISS Kft. szennyvizeinek lebontására alkalmazott ipari szennyvíztisztító is üzemel. A tisztítás után egyesített szennyvizek az ún. kenyérhordó árkon keresztül élővízbe, a Répce árapasztó csatornába (Metszés) kerülnek (4.2.3. pont).

A működés zajkibocsátása szintén nem elhanyagolható. A terület rendkívül közel helyezkedik el Répcelak belterületéhez, amely a 8/2002. (III. 22.) KöM-EüM együttes rendelet megfogalmazása szerint lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű).

A vállalat az ipari és ivóvíz ellátás biztosításának érdekében ásott és fúrt kutakat létesített.

A veszélyes hulladék gyűjtőhelyek, a folyékony anyagokat tároló tartályok, edények lehetséges forrásai a talajszennyezésnek.

A telephelyen működik a LISS Kft, patronhüvely-gyártás, töltés és forgalmazás tevékenységi körrel, amely a 2001-ben még a Vállalat részét képezte.

A vizsgálat során - mivel a szennyvízkibocsátás közös zajmérés alatt a két üzemet szétválasztani nem volt lehetséges - az együttes kibocsátást vizsgáltam, és határértékként is az együttes, rendelet által meghatározott értéket vettem figyelembe.

4.2.2. Levegő

Az üzemelés levegőszennyező hatásai

A Linde Gáz Magyarország Rt. tevékenységei közül a szén-dioxid tisztítás, szén-hidrogén – szén-dioxid elválasztás, tisztítás, hőenergia-előállítás és palackkezelés okoz környezeti levegő terhelést. A kibocsátást okozó berendezések:

- nyersgáz előkészítő,
- T-sor (CO₂ tisztítósor),
- V-sor (CO₂ tisztítósor),
- GMS (Gáz membrán szeparátor),
- kazánház, kazánok,
- gázmotorok.

A pontforrások bemérése 2002-2004 között történt. A hatósági előírás alapján 5 évente, vagy technológiai váltás esetén kötelező a mérés.

14. táblázat. A légszennyező anyagok és emissziójuk

Jel	Pontforrás neve	Komponens	Mg/Nm ³	Kg/h
P001	Kazánüzemi kémény	CO	15,82	0,0118
		SO ₂	<1,76	<0,0013
		NO _x	81,24	0,0608
P004	Tisztítóüzem lefúvató kémény	H ₂ S	<0,004	<0,0001
		NMCH	131,25	6,0100
P016	Irodaházi kazánkémény	CO	25,40	0,0081
		SO ₂	<2,07	<0,0007
		NO _x	67,69	0,0215
P018	TMK kazánkémény	CO	12,38	0,0009
		SO ₂	<1,72	<0,0001
		NO _x	54,94	0,0041
P019	Forróolaj kazánkémény	CO	6,20	0,0016
		SO ₂	<1,82	<0,0005
		NO _x	16,73	0,0043
P020	Lefúvató kémény	NMCH	54,50	
P022	V-sor lefúvató kürtő	H ₂ S	0,0001	
		NMCH	656,45	
P023	Palackcsiszoló kürtő	Por	16,95	0,0200
P024	Gázmotor I kibocsátó kürtő	CO	184,1	1,2789
		NO _x	186,2	1,0657
		NMCH	24,7	0,6394
P025	Gázmotor II kibocsátó kürtő	CO	145,7	1,2789
		NO _x	197,3	1,0657
		NMCH	23,1	0,6394
P026	Gázmotor III kibocsátó kürtő	CO	108,3	1,2789
		NO _x	177,8	1,0657
		NMCH	23,7	0,6394

A pontforrások elhelyezkedését a 8. melléklet ismerteti.

A 14. táblázat alapján a Linde Gáz Magyarország Rt levegőszennyező komponensei a következők:

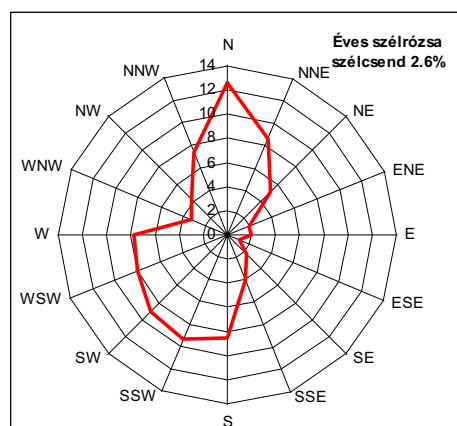
- szén-monoxid (CO),
- kén-dioxid (SO₂),
- nitrogén-oxidok (NO_x),
- kén-hidrogén (H₂S),
- összes szénhidrogén kivétel metán (NMCH),
- szilárd por.

A további vizsgálatokból a kén-hidrogént és a kén-dioxidot is kizártam, mivel a mérések során ezek mennyiségei a kimutatási értékek alatt voltak, ezáltal modellezésük nem volt lehetséges. A szilárd port - mivel nem rendelkeztem az összetételére vonatkozó adatokkal és mennyisége, tömegárama rendkívül alacsony, az emissziós határértéket nagyságrenddel meg sem közelíti - a további értékelés során szintén nem vettem figyelembe

Általános esetben, ha egy szennyezőanyag meghatározó egy üzem kibocsátásaiban (pl.: szilárd anyaggal való tüzelés, felszíni bányaművelés), az összetételének meghatározása után a rendszerbe beilleszthető. Amennyiben – pl. nehézfém – szennyezésről nem beszélhetünk (talaj, szálló por), akkor a veszélyességét [W]= 1-nek kell tekinteni és a koncentráció értékkel való szorzata alapján, a továbbiakban figyelembe vehető.

A komponensekre elkészítettem a terjedési számításokat. Az egy órás átlag számításokat a leggyakoribb meteorológiai paraméterek esetén, valamint az éves átlag számításokat a meghatározó komponensekre. Az így kapott terjedési képeket összehasonlítva értékeltem a vizsgált üzem hatását a levegőminőségre.

A transzmisszió számításokat az MSZ 21459/1 : 1981, az MSZ 21459/3 : 1981 és az MSZ 21457/4 : 2002 számú szabványok alapján végeztem el, 4 m/s szélsébség és semleges levegőstabilitási állapot esetére. Ennek megfelelően a p szélprofil egyenlet kitevőjét 0.27 értékben állapítottam meg. A 4 m/s-os szélsébséget 10 m-es magasságban vettem figyelembe. A pontforrásokat az éves terjedési számítások során folyamatosan üzemelőnek feltételeztem. A területet homogénnek tekintettem a felületi érdességi paraméter alapján, minek értékét 1.0 m-nek becsültem.



38. ábra. Az uralkodó szélirányok Répcelak területén

A pontforrás paramétereit - magasság, átmérő, kilépő gázsebesség, hőmérséklet, emisszió – a 15. táblázatban részleteztem. A pontforrás helyét saját EOY koordinátaival vettem figyelembe, valamint a kialakuló terjedési koncentráció eloszlások izovonalas ábráit szintén az Egységes Országos Vetületi rendszerben ábrázoltam.

15. táblázat. A pontforrások paramétereit

Név	X koord.	Y koord.	kémény	Kilépő gáz	kilépő üzemi	kémény
	(EOV Y)	(EOV X)	magasság (m)	hőmérséklete (K)	gázsebesség (m/s)	átmérő (m)
P1	496128.8	232615.2	20	463	1.80	1.20
P4	496070.6	232552.0	26	283	2.00	0.20
P16	495994.4	232387.6	7	403	1.60	0.35
P18	496033.4	232522.1	9	391	2.10	0.20
P19	496121.6	232758.2	10	303	3.30	0.20
P20	496064.7	232788.5	21	328	31.00	0.20
P22	496059.2	232533.8	36	281	14.01	0.10
P23	496120.3	232516.5	9	300	18.40	0.10
P24	496140.9	232715.5	10	393	10,90	0,096
P25	496135.7	232708.0	10	393	10,64	0,096
P26	496130.5	232699.8	10	393	11,73	0,096

A komponensekre immisszió-mérési eredmények nem álltak rendelkezésre, ezért háttérterhelési indexet vettem figyelembe, amely Répcelak területére 40%.

A szállítás levegőszennyező hatásai

A telephelyről, illetve a telephelyre az ország csaknem minden részére/részéről szállítanak műszaki, egészségügyi és speciális gázokat. Emellett személygépjárművek elhaladásával is számolhatunk, amelyek lehetnek a munkavállalók, valamint a személygépkocsival érkező vendégek, vásárlók gépjárművei. A szállítójárművek, a telephelyre vezető bekötőúton át, a 86. számú főúton haladnak el, ahol lakott területeket is érintenek.

A szállítás teher-, és személygépjármű-típusai teljes körűen nem állapíthatók meg. Általánosan elmondható, hogy a Linde Gáz Magyarország Rt.-vel szerződésben álló vállalkozóknak túlnyomórészt MAN és MERCEDES típusú gépjárművek állnak rendelkezésre. Az elhaladó gépjárművek száma egy hetes számolással, majd átlagolással került megállapításra:

Az átlagos járműfordulók a következők:

- személygépkocsi: 110 forduló/ nap 220 elhaladás / nap
- tehergépjármű: 47 forduló/ nap 94 elhaladás / nap

A forgalom növekedéséből származó zajterhelést az ÚT 2-1.302 rendelkezés alapján megállapított járműkategóriák, és számítási módszer szerint számítottam.

Az emisszió-számítás eredményeit a bekötőútra, a Társaság szállítóautóit tartalmazó forgalomra, a 16., a 86. számú főútra, a Társaság forgalmát tartalmazó forgalomra, pedig a 17. táblázat mutatja.

16. táblázat. A bekötőút emissziói

Jármű kategória	Emisszió (mg/m*s)			
	CO	CH	NO _x	SO ₂
I. jármű kategória	0,0117	0,0078	0,0028	0,0002
II. jármű kategória	0,0052	0,0010	0,0014	0,0002
III. jármű kategória	0,0431	0,0071	0,0357	0,0040
összesen	0,0600	0,0160	0,0398	0,0044

17. táblázat. A 86. sz. út emissziói

Jármű kategória	Emisszió (mg/m*s)			
	CO	CH	NO _x	SO ₂
I. jármű kategória	0,2077	0,1387	0,0493	0,0028
II. jármű kategória	0,0112	0,0021	0,0029	0,0005
III. jármű kategória	0,4733	0,0786	0,3922	0,0440
összesen	0,6922	0,2193	0,4444	0,0473

A fenti emissziós értékekből a (4) szabvány alkalmazásával kerültek az immisziós értékek meghatározásra az alábbi formula felhasználásával:

$$\lambda_k = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{E_k}{\sin \alpha \cdot u \cdot \sigma_{zv}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{H}{\sigma_{zv}} \right)^2 \right], \quad (51)$$

ahol:

α a szélirány és az útvonal által bezárt szög (°); σ_{zv} a folytonos vonalforrás esetén a füstfáklya függőleges turbulens szóródási együtthatója (m):

$$\sigma_{zv} = [\sigma_{z0}^2 + \sigma_z^2]^{0,5} \quad (52)$$

- σ_{z0} a függőleges irányú kezdeti szétszóródási együttható, gépkocsik esetén: 1,5 m,
- σ_z a függőleges turbulens szóródási együttható,

További bemenő paraméterek:

- H: a gépkocsi kipufogó nyílásának út feletti magassága: 0,3 m,
- x: az immisziós koncentráció számítási pontjának szélmenti távolsága az úttengelytől: (m)
- z₀: érdességi paraméter: 1,0 m.

A számításokat ebben az esetben is „D” Pasquill-féle stabilitási kategóriára végeztem el. Azt az előforduló legrosszabb esetet vizsgáltam, amikor a szélirány merőleges az úttengelyre ($\alpha = 90^\circ$).

A számítások közbenső és végeredményei a következők:

- σ_{zv} , a folytonos vonalforrás esetén a füstfáklya függőleges turbulens szóródási együtthatója: 8,18 m,
- σ_z : függőleges turbulens szóródási együttható: 8,05 m,
- szélesség a kibocsátás magasságában (u_m): 1,55 m/s

18. táblázat. A számított immisziós értékek

Útszakasz		Immisziós értékek ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
		CO	CH	NO _x	SO ₂
Bekötőút (Linde forgalmával)	10 m	6,43	1,71	4,27	0,47
	20 m	3,77	1,00	2,50	0,28
	30 m	2,72	0,72	1,81	0,20
	40 m	2,16	0,57	1,43	0,16
	50 m	1,80	0,48	1,19	0,13
86. sz. főút (Linde forgalmával)	10 m	74,16	23,50	47,61	5,07
	20 m	43,44	13,77	27,89	2,97
	30 m	31,41	9,95	20,17	2,15
	40 m	24,89	7,89	15,98	1,70
	50 m	20,76	6,58	13,33	1,42
Határértékek (éves)		3000	(500)	70	50

Az értékelő rendszerhez felhasznált paraméterek a következők:

- szén-monoxid,
- szén-hidrogének,
- nitrogén-oxidok,
- kén-dioxid.

Az adatok további kezelése az üzemelés levegőszennyező hatásainak megfelelően történt.

A kapott eredmények (üzemelés és szállítás együtt) a 9-16. mellékletben található. A térképeken jól megfigyelhető, hogy határérték-túllépés nem tapasztalható egyik szennyező komponens esetén sem, sőt attól messze elmarad.

Az adatok további kezelése a 4.1.5 pontban részletesen ismertetett módszer szerint történt.

A szennyezőanyagok veszélyességet jelölő számának [W] meghatározása a 4.1.1 pontban felsoroltak alapján a 18. mellékletben található.

A koncentrációtól függő faktor meghatározásához szükséges határértékeket a 4/2004. (IV. 7.) KvVM-ESzCsM-FVM együttes rendelet szolgálta. A vizsgálatok során a λ számításához az éves határértékeket vettük figyelembe, mivel a modellezés normál emisszió adatok alapján történt, és az üzem egyenletesen, évek óta üzemel. A λ értékei a 4.2.8. pontban kerültek bemutatásra. A levegő, mint környezeti tényező eredménytérképe a 17. mellékletben található. Az eredménytérképen látható, hogy a levegő, mint környezeti elem IMPACT II indexe alacsony, a területek a nem, vagy az enyhén szennyezett kategóriákba sorolhatók.

4.2.3. Felszíni víz

A Linde Gáz Magyarország Rt. felszíni vízbe történő szennyezőanyag-kibocsátásai határértékhez közeli, ezért ez kiemelt fontosságú környezeti tényező lehet. A felszín feletti vizek szennyezettségének megállapítására jelen esetben a mérések az irányadóak. A különböző szennyező komponensekre több mérés átlagolásából vett átlagos kibocsátási koncentrációk alapján készíthető el a szennyezettségi térkép. A Társaság negyedévente végez, monitoring vizsgálat keretében, méréseket, valamint a hatóság évente még két alkalommal.

Mivel itt vonalas létesítményről (elvezető csatorna, folyó) beszélhetünk, csak az áramlás miatti keverő hatást figyelembe véve, az érintett szakaszon a koncentrációt állandónak vehetjük. A későbbi öntisztulást, egyéb folyamatokat a szakasz rövidsége miatt elhanyagolható.

Az elvezető árokban mérhető szennyező komponensek és koncentrációjuk a következő:

19. táblázat. A felszíni vízszennyező anyagok és koncentrációjuk

Komponens	Határérték mg/l	Mért érték mg/l
Nitrát	80,00	72,00
Na	500,00	339,60
Na (%)	90,00	62,72
Szulfid	2,00	<0,02
Összes P	10,00	0,55
KOI_{cr}	150,00	65,00
NH⁴⁺-N	10,00	8,20
Szervetlen N	50,00	42,70

Az értékelés során csak a vastag betűvel kiemelt komponensekkel foglalkoztam, mert a többi szennyezőanyag a Linde Gáz Magyarország Rt.-re nézve nem releváns.

Mivel a vízáramlás az elvezető csatorna irányában van, ezért talajszennyezés, felszín alatti vízszennyezés nem valószínűsíthető. Térképen ábrázolva vonalas, kis kiterjedésű környezeti tényezőt kaptam.

A nitrát, a nátrium, az ammónium ion formájában van jelen a felszíni vízben, ezért veszélyességének meghatározása a levegőnél említett módszerrel nem lehetséges. Ez alapján, a 4.1.1. pontban felsorolt indokok figyelembevételével az összes komponens veszélyességét [W]=1-nek vettem.

A koncentrációtól függő meghatározáshoz a felhasznált határérték a kibocsátási határérték a (9/2002. (III. 22.) KöM-KöViM együttes) rendelet alapján került meghatározásra.

A 18. mellékletben csupán a felszíni víz környezeti tényezőjének szintézis térképe kerül bemutatásra, mivel az egyes komponensek térképei között, a vonalas ábrázolás miatt, jelentős különbség nem ábrázolható. A besorolás alapján a felszíni víz a szennyezett kategóriába tartozik.

4.2.4. Zaj

A zaj a Linde Gáz Magyarország Rt. környezeti tényezői között az egyik legjelentősebb. A korábbi években (5-10 évvel ezelőtt) rendszeres éjszakai és nappali határérték-túllépéseket mértek. A túllépések különböző intézkedések hatására (zajszigetelések, hangtompítók, berendezéscserék) megszűntek, de még mindig a határérték közelében van a zajterhelés. A beruházások során fontos szerepe van a kialakult zajterhelés szemléletes ábrázolásának.

Az üzemelés zajhatásai

Az üzem tevékenységéből adódóan egyszerre több helyszínen is jelentkezhet zajterhelés. Az egyik domináns környezeti zajforrásként a gáztisztítás létesítményeit szükséges megnevezni, melyek a T-sor, V-sor, valamint az EVAKO telep. Másik domináns zajforrásként az ammóniás hűtés berendezései jelentkeznek, az ammónia kompresszorok. 2004. év elején további 3 zajforrást helyeztek üzembe: 3 darab gázmotort. Rendkívüli esetekben rövidebb ideig előfordulhat lefúvatás, mely 3 db lefúvatón keresztül történhet.

20. táblázat. A Linde Gáz Magyarország Rt. zajforrásai

<i>A zajforrás</i>		<i>Működési időtartam műszakonként (óra)</i>	<i>A zajkibocsátás jellege</i>	<i>Működési hely</i>	<i>Megjegyzés</i>
<i>Jele</i>	<i>Megnevezése</i>				
Z1	T-sor	8	folyamatos	szabadban	
Z2	V-sor	8	folyamatos	szabadban	
Z3	Ammóniás hűtőkompresszorok	8	folyamatos	épületben	
Z4	Levegő kompresszorok	8	állandó	épületben	
Z5	Nyersgáz előkészítő	8	állandó	szabadban	
Z6	GMS (Gáz membrán szeparátor)	8	állandó	szabadban	
Z7	Kiszűrő üzem	8	állandó	épületben	csak nappal
Z8	DINOX üzem	8	állandó	épületben	csak nappal
Z9	EVAKO hűtőberendezések	8	folyamatos	szabadban	
Z10	Kazánház	8	folyamatos	épületben	
Z11	Tartálypark	óránként 5 perc	szakaszos	szabadban	lefúvatás
Z12	Gázmotorok	8	folyamatos	szabadban	3 db

Tekintettel a berendezések, illetve a zajforrások nagy számára, a komplex ipari tevékenységre, valamint arra, hogy a számítás során nagyon sok egyszerűsítéssel kell élni (pl. nem, vagy csak nehezen számolható zajárnyékoló hatások), a zajterhelést mérés alapján határoztam meg.

A 8/2002. (III. 22.) KöM-EüM együttes rendelet 1. mellékletének 2. sora alapján a kibocsátási határértékek: „Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű)”

Nappal (06:00 - 22:00): LTH = 50 dB
Éjjel (22:00 - 06:00): LTH = 40 dB

A telephelyre az Észak-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség határozata alapján 2004. évig a következő határértékek vonatkoztak:

Az üzem körbevevő lakóépületek védendő homlokzata előtt 2 m távolságban:

nappal (06:00 - 22:00): $L_{KH} = 50 \text{ dB(A)}$
éjjel (22:00 - 06:00): $L_{KH} = 40 \text{ dB(A)}$

A mezőgazdasági területek irányában:

nappal, éjjel: $L_{KH} = 70 \text{ dB}$

Az Észak-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség 2004. december 23-án kelt határozata alapján a LINDE GÁZ MAGYARORSZÁG RT. új zajkibocsátási határértékeket kapott A határozat értelmében a határértékek az alábbiak szerint módosultak:

Az üzemet körbevevő lakóépületek védendő homlokzata előtt 2 m távolságban:

nappal (06:00 - 22:00): $L_{KH} = 47 \text{ dB(A)}$
éjjel (22:00 - 06:00): $L_{KH} = 37 \text{ dB(A)}$

A mezőgazdasági területek irányában:

nappal, éjjel: $L_{KH} = 70 \text{ dB}$

A módosítást az indokolta, hogy 2001-ben az addig a Vállalat részét képező patronhüvelygyártás, töltés és forgalmazás új vállalatként (LISS Kft.) kivált.

A vizsgálat során - mivel a mérés alatt a két üzemet szétválasztani nem volt lehetséges - az együttes kibocsátást vizsgáltam, és határértékként is az együttes, rendelet által meghatározott értéket vettem figyelembe.

A környezeti tényező értékeinek meghatározásához szükséges mérés a Társaság munkavállalóival közösen történt. A mérési pontok elhelyezkedését, valamint a mérési eredményeket a 19., 20. és 21. melléklet ismerteti.

A közlekedés zajhatása

Mint az már bemutatásra került, a Linde Gáz Magyarország Rt. rendkívül közel helyezkedik el Répcelak belterületéhez. A 86. sz. főút szintén a település belterületén halad keresztül, amin a Vállalat közúti közlekedése is bonyolódik, az üzemhez vezető bekötőutat elhagyva. A közlekedés zajhatásának mérésére szintén lett volna lehetőség, de mivel a zajterhelés a forgalom mértékétől függ (nagy mértékben ingadozik), ezért a forgalomszámlálási adatok alapján a 3.2.2. pontban felsoroltak alapján számítottam.

A 8/2002. (III. 22.) KöM-EüM együttes rendelet 3. számú melléklete szerint a közlekedésből származó zaj határértéke az utak mentén a zajtól védendő területeken autópálya; autóút; I. rendű főút; II. rendű főút / Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű)/ nappal **65 dB**, külterületén és a bekötőúton /gazdasági terület és különleges terület/ nappal **65 dB**. (Ez indokolja, hogy külön kezelem az üzemeléstől)

A szállítás teher-, és személygépjármű-típusai teljes körűen nem állapíthatók meg. Általánosan elmondható, hogy a Linde Gáz Magyarország Rt.-vel szerződésben álló vállalkozóknak túlnyomórészt MAN és MERCEDES típusú gépjárművek állnak rendelkezésre. Az elhaladó gépjárművek száma egy hetes számolással, majd átlagolással került megállapításra:

Az átlagos járműfordulók a következők:

- személygépkocsi: 110 forduló/ nap 220 elhaladás / nap
- tehergépjármű: 47 forduló/ nap 94 elhaladás / nap

A forgalomszámlálási adatok a 21. táblázatban találhatóak

21. táblázat. A bekötő és a 86. sz. főút forgalma

Jelölés, K	Járműkategória megnevezése ÚT 2-1.109	Bekötőút Átlagos Forgalom Jármű/ nap	86 sz. főút Átlagos Forgalom Jármű/ nap	Linde Forgalom Jármű/ nap
1	Személy- és kisteher-gépkocsi	0	3681	220
2	Szóló autóbusz	76	82	
3	Csuklós autóbusz	0	0	
4	Könnyű tehergépkocsi	0	67	
5	Szóló nehéz tehergépkocsi	0	268	
6	Tehergépkocsi szerelvény	0	671	94
7	Motorkerékpár és segédmotoros kerékpár	0	14	
	Összes	76	4783	+314

A 21. táblázatból is kitűnik, hogy az átmenő út forgalmából kialakult zajterhelésben jelentős szerepet játszik a Vállalat.

A számítások eredményét, a zajterhelés eloszlását az 22. és 23. melléklet ismerteti. Ábrázolása során a megadott útvonalak mentén a megfelelő értékekkel övezeteket létesítettem. A veszélyessége $P_{k[W]} = 1$, a mennyiségétől függő szám ($P_{k[C]}$) a 4.1.2. pont alapján.

A két komponens - üzemelésből és forgalomból származó zajterhelés - átlapolásával jutunk a zaj, mint környezeti tényező eredménytérképéhez, amely a 24. mellékletben található.

A zaj által érintett területek jelentős terhelésnek vannak kitéve. Bár a lakott területen határérték-túllépést nem eredményez az üzemelés, mindazonáltal értéke ahhoz közeli. A településen átvezető 86. sz. főút mentén jelentős a zajterhelés. Ezt nem kizárólag a Linde szállításai okozzák, hanem az egyéb nagyszámú személygépkocsi és tranzit tehergépjármű forgalom.

A zaj, mint környezeti elem IMPACT II részindexének értéke megközelíti az 1-et azokon a területeken, ahol az üzem és a forgalom által okozott zaj összeadódik, így ezek a szennyezett kategóriába tartoznak. A 86. sz. út közvetlen környezete és az üzem területe a közepesen szennyezett kategóriába tartozik.

4.2.5. Felszín alatti víz

A felszín alatti vizekkel kapcsolatban elmondható, hogy a Linde Gáz Magyarország Rt. üzemszerű működése közben szennyezést nem okozott, ezért e tényező ábrázolásától eltekinttem $A_{[W]}, A_{[C]} = 0$.

Egy esetleges szennyezést vizsgálva a következők mondhatóak el:

- a termelési adatok alapján a rétegnek jó a vízáadó képessége,
- a földtani leírások alapján folyóvízi hordalékkúp, kavics a felszínközeli üledék, ami $k=10^{-3} - 10^{-4}$ m/s becslt vízvezető képességű,
- az általános vízszint térkép szerint a hidraulikus esés (I) 0.001 (5 m-es szintkülönbség mérhető 4.6 km-en),
- a kavics porozitása (n) jellemzően 0.3 körül van,
- a vízzel együtt mozgó szennyezőanyag terjedési sebessége: $k \cdot I / n$ képlettel számolva 10-100 m/év,
- mozgásirány ÉK-i,
- konkrét feltárások alapján modell (pl. Modflow, MT3d) segítségével lehet a terjedést meghatározni,
- a vizsgálatra javasolt időintervallum 5-20 év.

A terjedési modell eredményei a rendszerbe integrálhatók, az értékelés során figyelembe vehetők.

4.2.6. Talaj

A talajszennyezés fő forrásai lehetnek a hulladékgyűjtőhelyek, a folyékony anyagokat tároló tartályok, edények. Mivel a Linde Gáz Magyarország Rt.-nél minden ilyen egység - a rendeleti szabályozásnak megfelelően - kármentővel van ellátva, ezért ilyen állandó szennyezéssel, szivárgással nem számolhatunk; továbbá nem áll rendelkezésünkre, sem jelenkori, sem az elmúlt időszakból olyan adat, információ, amely szerint tényleges talajszennyezés történt, ezért a továbbiakban e tényező értékelésétől eltekintek $C_{[W]}, C_{[C]} = 0$.

4.2.7. Egyéb tényezők

A környéken ökológiai felmérés nem történt, a rendelkezésre álló adatok alapján kimutatható hatás nem volt. Sem a Linde Gáz Magyarország Rt., sem a Környezetvédelmi Felügyelőség erre a területre vonatkozólag speciális tényező vizsgálatát nem írta elő, ezért e tényező vizsgálatától is eltekintek. Azaz $T_{[W]}, T_{[C]} = 0$.

4.2.8. A Linde Gáz Magyarország Rt IMPACT II indexe

Az értékelés során minden egyes tényező veszélyessége, az emberi egészségre gyakorolt hatása alapján, a 44/2000. (XII. 27.) EüM rendelet és a 8006-8004_2000 EüM tájékoztató szerint, a 4.1.1. pontban részletezett módszerrel, besorolásra került, melyet a 25. mellékletben láthatunk. Az értékelés során vizsgált szennyezőanyagok és környezeti tényezők

határértékeinek, veszélyességét jelző számának, valamint koncentrációjától függő faktorának összefoglalására, táblázatos formában, a 26. mellékletben került sor.

A koncentrációtól függő értéket a 4.1.2. pont alapján számítottam, ahol a nulla érték a háttér-koncentráció, vagy az alatt, maximális érték 1. A határérték esetén a koncentrációtól függő faktor 0,1. A különböző tényezők összehasonlítása érdekében az egyes tényezők eredményeit normalizáltam a [0,10] tartományban.

A levegő, mint környezeti tényező λ -jának számítása során az éves alacsonyabb határértéket vettem figyelembe, mivel a répcelaki telephely évek óta üzemel, s kibocsátása is állandónak mondható.

A 4.1.5. pontban már ismertetett módszer alapján a különböző szennyezőanyagok és környezeti tényezők térképei átlapolásra kerültek, majd megtörtént az IMPACT II index számítása. A végső eredménytérkép a 27. mellékletben található meg.

4.2.9. A Linde Gáz Magyarország Rt IMPACT II index értékelése

A Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyére alkalmazott IMPACT II értékelési módszer segítségével a következők állapíthatók meg:

A vizsgálat során három környezeti tényező alapján minősíthető az üzem: ezek a levegő, a felszíni víz és a zaj. A felszín alatti vízre, talajszennyezésre elmondható, hogy a Társaság üzemszerű működése közben szennyezést nem okozott, ezáltal feltárások és felmérések nem váltak szükségessé. Egyéb tényező specifikációk hiányában nem került meghatározásra.

A levegő, mint környezeti tényező vizsgálata során egyik szennyező komponens esetében sem volt határérték-túllépés tapasztalható, a koncentrációs értékek attól messze elmaradtak.

A levegő, mint környezeti elem IMPACT II indexe alacsony, értéke 0,4 alatti, ezáltal a területek a nem, vagy az enyhén szennyezett kategóriákba sorolhatóak.

A felszíni vízszennyezések vizsgálata során megállapítható, hogy ez a környezeti elem csak kis területet érint (vonalas objektum), mégis nagy a jelentősége, mert az együttes IMPACT II részindex 0,74, ami a közepesen szennyezett kategóriába tartozik, megközelítve a szennyezett kategóriát.

A zaj IMPACT II részindexének értéke megközelíti az 1-et azokon a területeken, ahol az üzemelés és a forgalom által okozott zajterhelés összeadódik. Ezek a területek a szennyezett kategóriába tartoznak. A közvetlenül a 86. sz. út mentén lévő területek, valamint az üzem területe a közepesen szennyezett kategóriába tartozik.

Az értékelés alapján elmondható, hogy a Linde Gáz Magyarország Rt. a nem, az enyhén és kis részen a közepesen szennyezett kategóriába esik. A maximális értéket ($I^{\text{II}} = 1,27$), azaz a közepesen szennyezett területet a felszín feletti víz, levegő és üzemelési zaj együttes előfordulása okozza a kivezető csatornán. Szintén magasabb érték ($I^{\text{II}} = \sim 1,1$) és a közepesen szennyezett kategóriába tartozik, az a terület, ahol az üzemelési, közlekedési zaj, valamint a levegőszennyezés együttesen található, ez pedig az üzem D-i sarka, illetve a lakott település NY-i felének kis része.

Az egyes tényezők vizsgálata rámutatott, hogy elsődlegesen a zaj általi, majd a felszín feletti vizekben okozott terhelést célszerű csökkenteni, mert a terhelést okozó szennyező komponensek értéke határérték közeli. Beavatkozással az erre a területekre vonatkozó IMPACT II index értékei jelentősen csökkenthetők.

Az esetleges változtatások után, az üzem környezetre való hatásának értékelése a fent alkalmazott módszerrel megismételhető, s a kiindulási állapottal összevethető.

4.3. Több céllal és több kritériummal rendelkező döntési eljárás

A környezetvédelem területén rendkívül komplex megítélés alapján tudunk csak döntéseket hozni. Vizsgálni kell a gazdasági, egészségügyi szempontokat is, ezért a döntéshozatalnál sokszor ellentétes érdekeket is figyelembe kell venni.

A gazdaságos környezetvédelmi intézkedések, stratégia esetén hozandó döntéseknél kétféle költség merül fel: kibocsátási költségek és szennyezés megelőzési költségek. Ez utóbbiak, mint leválasztási, elhelyezési stb. technológia beruházási és üzemeltetési költségeként viszonylag pontosan meghatározhatók. A kibocsátáshoz tartozó költségek - amelyek tartalmazzák a szennyezés okozta anyagi, egészségügyi, ökológiai károk költségeit, ill. a károk csökkentéséhez szükséges kiadásokat - becslése nehezebb. A döntések célja a társadalmi szintű összköltségek minimalizálása kell, hogy legyen.

Jelen esetben az ún. szintézis térképek azokat a területeket adják meg, ahol a szennyezés, és ezzel együtt a társadalmi veszélyeztetés is magas. A rendkívül magas szennyezettséget adó területeken szükséges vizsgálni, hogy a szennyezést melyik környezeti tényező, szennyező anyag okozza. Optimálisan ott lehet beavatkozni, ahol ezt a magas értéket egy speciális szennyezőanyag, vagy az egyik környezeti elem okozza. Amennyiben ez nem szignifikáns, a gazdaságosság érdekeit kell szem előtt tartani.

A környezettudatos döntések során cél lehet például:

- a környezet általános védelme,
- a határérték feletti szennyezések elkerülése,
- a gazdaságosság.

Amíg az első két cél egymást kiegészíti (komplementer), addig a harmadik konfliktusba is kerülhet az első kettővel. Vannak olyan esetek, amikor a szennyezőanyag eltávolítása csak irreálisan magas költségek árán lehetséges (pl. Nátrium eltávolítása a vízből), illetve amikor pont a gazdaságosság eredményezi a környezet védelmét (pl. az „olajfolyató” gépek karbantartása anyagmegtakarítást eredményez, vagy a büntetés elkerülése, a környezetterhelési díj csökkentése).

A 2.2. pontban bemutatott döntési kritérium a döntés mérésének és értékelésének az alapja. Ez a kritérium két típust foglal magába: a döntési korlátokat (kényszer) és a döntési tényezőket (faktor).

A kritériumok közül *korlátot* jelentenek a határértékek (a limit felett büntetésköteles a kibocsátó vállalat). A határérték túllépése esetén az egyes szennyező anyagok, a térképi ábrázolás során, igen szemléletesen mutatkoznak: mely komponensek hol lépik túl a határértéket.

A kibocsátott szennyezőanyag-koncentrációk *tényezőkként* jelentkeznek (minél kisebb a szennyezés, annál kisebb a fizetendő terhelési díj).

A döntési szituációkban elsődlegesen a döntési céljainkat kell meghatározni. A 2.4.2 pontban felsorolt fogalmak szerint esetünkben egy *több céllal és több kritériummal* rendelkező döntési problémával állunk szemben. Konkrét célnak tekinthetjük a következőket:

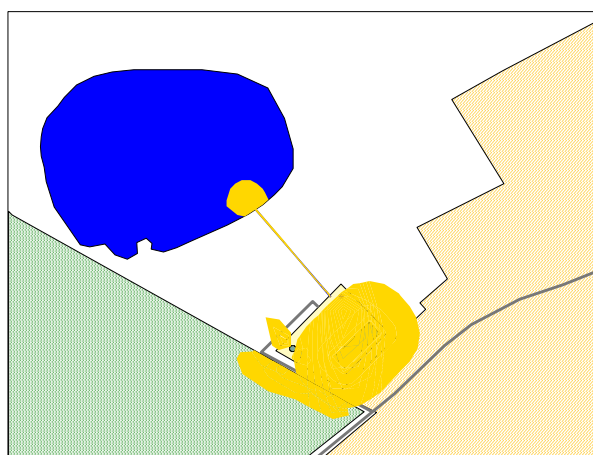
- A jogszabályok betartása, azaz biztosítani kell, hogy a védendő területeken határérték feletti szennyezés ne alakuljon ki.
- A fenntartható fejlődés érdekében a környezetszennyezések minimalizálása a gazdasági érdekek figyelembe vételével.

A döntési kritériumokat a különböző szennyező komponensek és környezeti tényezők adják. A döntési célok eléréséhez szükséges műveleteket a tervezett üzem, majd a Linde Gáz Magyarország Rt. példáján keresztül mutatom be.

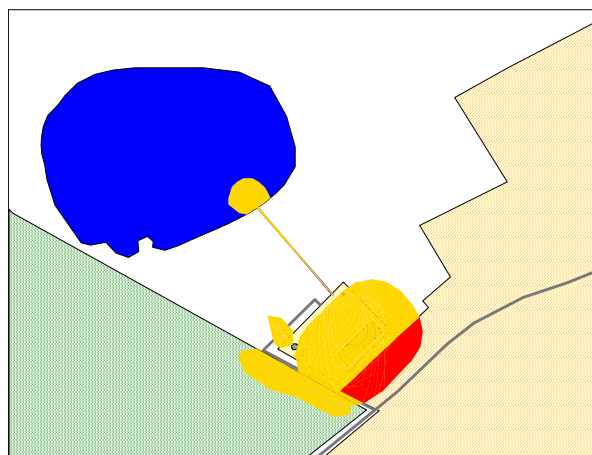
4.3.1. A döntési cél elérése a tervezett üzem környezeti hatásainak vizsgálatával

A döntések előkészítése során az első cél eléréséhez kerestem a szintézis térképen azokat a foltokat, ahol bármely szennyező komponens, környezeti tényező a határérték felett van. Ezt úgy értem el, hogy a komponenseket az ábrázolás során $[0,1]$ tartományban, Boolean algebrára támaszkodva, normalizáltam, ahol a határérték alatti területek 0, az afeletti területek 1 értéket kaptak. Az IMPACT II indexnél ismertetett módszer alapján a térképeket átlapolva kaptam azokat a területeket, sárgával jelölve, amelyek határérték felett vannak (39. ábra).

Kiemelten kezelendő a védendő objektumoknál mérhető határérték-túllépés. Térinformatikai lehatárolása igen könnyű: a védendő objektum (jelen esetben a lakott terület) és a határérték feletti területek metszete adja (40. ábra, piros terület). A kritériumok ebben az esetben korlátok voltak.



39. ábra. A határérték feletti területek



40. ábra. Védendő objektumoknál mérhető határérték túllépés

A második cél eléréséhez a különböző kritériumokat tényezőkként kell kezelni. A legnagyobb eredményt ott érhetjük el, ahol egy tényező okozza a kialakult szennyezést. A különböző komponensek és tényezők bemutatása a 4.1.5. pontban történt meg. A gazdaságossági érdekeket úgy vehetjük figyelembe, hogy a környezeti tényezők normalizált értékeihez egy döntési súlyt rendelünk hozzá az átlapolások előtt.

A döntési súlyok meghatározására egy összehasonlító mátrixot hoztam létre, ahol az "x" és "y" tengelyek (a sorok és oszlopok) ugyanazok a döntési tényezők lesznek. Ezeket a döntési tényezőket párosával hasonlítottam össze, és amelyiknek a minimalizálását beavatkozás szempontjából, szubjektív módon, gazdaságilag kedvezőbbnek tekintjük, azt 1-el, amelyiket gazdaságatlanabbnak, azt 0-val jelöltem. A döntési súlyt az egyes értékek összeadásával kaptam meg. A 0-val való szorzás elkerülése érdekében mindegyik értékhez 1-et adtam hozzá.

Természetesen mivel ez az összehasonlítás a döntéshozó személyétől és a meghatározásoktól függ, ezért a szubjektivitás, illetve a döntéshozatali bizonytalanság is megjelenik.

22. táblázat. A döntési mátrix bemutatása

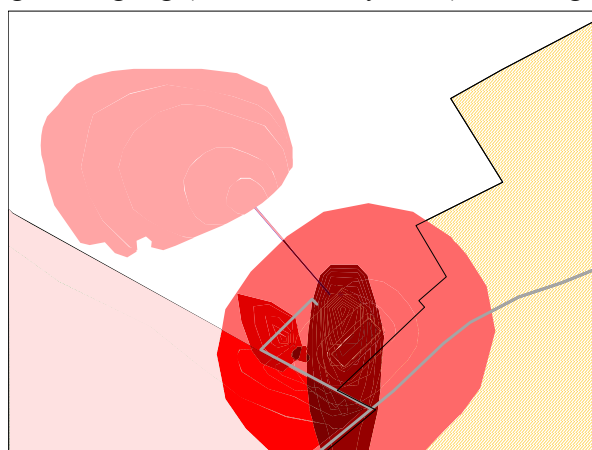
	I	M	P	A	C	T	G
I	X	0	0	1	1	1	3+1=4
M	1	X	0	1	1	1	4+1=5
P	1	1	X	1	1	1	5+1=6
A	0	0	0	X	0	1	1+1=2
C	0	0	0	1	X	1	2+1=3
T	0	0	0	0	0	X	0+1=1

(I,M,P.... az IMPACT II környezeti tényezői a 4.1. pont szerint, G a gazdasági súly)

A térinformatikai feldolgozás során a kapott normalizált értékekhez hozzárendeltem (összeszoroztam) a döntési súlyt. Az eredményül kapott területeken a legmagasabb értékkel rendelkező részeken érdemes, gazdaságos beavatkozni. Ezeket a területeket a 41. ábra szemlélteti a piros árnyalatait tartalmazó színskálán. (minél sötétebb árnyalat, annál gazdaságosabb a beavatkozás).

A két cél együttes eredményét a mindenképpen beavatkozást igénylő területek és a gazdaságos beavatkozási területek összehasonlításával értem el.

Az összehasonlítás eredményeképpen elmondható, hogy jelen esetben az a terület, ahol mindenképpen be kell avatkozni (zajterhelés határérték túllépése, sárga folttal jelölve), az gazdaságilag (vörös színárnyalatai) sem megterhelő (42. ábra).



41. ábra. Beavatkozási területek gazdaságosság szerint

A beavatkozás: nem közepesen rendkívül gazdaságos



42. ábra. Gazdaságosan és mindenképp beavatkozást igénylő területek

A beavatkozás: nem közepesen rendkívül gazdaságos
 Mindenképp beavatkozást igénylő terület

4.3.2. A döntési cél elérése a Linde Gáz Magyarország környezeti hatásainak vizsgálatával

A döntési célok a fent ismertetettekkel megegyeznek. Első lépésben, ebben az esetben is azokat a foltokat keresem az eredménytérképen, ahol bármely szennyező komponens, környezeti tényező a határérték felett van. (43. ábra). Megfigyelhető, hogy üzemelésből származó határérték feletti szennyezés védendő objektumot (lakott területet, élővizet) nem terhel, viszont a közlekedésből származó terhelés a 86. sz. út mentén jelentős. A beavatkozás gazdaságossági felméréséhez a szennyező komponensek eloszlását használtam fel, mint döntési tényezőt. A környezeti tényezők normalizált értékeihez ismét egy döntési súlyt rendeltem. A döntési mátrixot, a tervezett üzem példájánál használt módszer szerint alakítottam ki (23. táblázat), jelen esetben a három meglévő tényezőre.

23. táblázat. Linde döntési mátrix

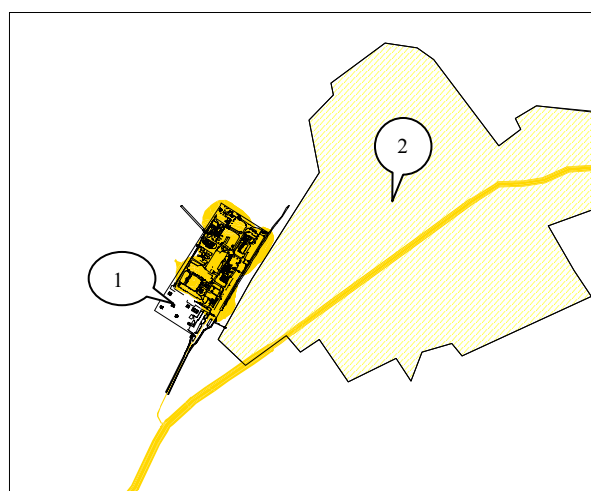
	I	M	P	G
I	X	0	0	0+1=1
M	1	X	0	1+1=2
P	1	1	X	2+1=3

A térinformatikai feldolgozás során a kapott normalizált értékekhez hozzárendeltem (összeszoroztam) a döntési súlyt. Eredményül a legmagasabb értékkel rendelkező területeken érdemes, gazdaságos beavatkoznunk. Az eredményt a 44. ábra szemlélteti.

A célok együttes eredményét itt is a mindenképpen beavatkozást igénylő területek és a gazdaságos beavatkozási területek összehasonlításával érem el. Az összehasonlítás eredményeképpen elmondható, hogy jelen esetben a zaj területén a leg gazdaságosabb beavatkozni, amely jelenleg egybeesik a határérték feletti területeken történő beavatkozással, tehát ebben a szituációban a leg gazdaságosabb és a legjelentősebb javulást eredményező beavatkozás az üzemelési és közlekedési zaj csökkentése. Azt mindenképpen meg kell jegyezni, hogy a közlekedési zaj által okozott határérték-túllépés nem kizárólag a Társaság szállításából adódik, bár annak jelentős részét képezi. Csökkentése csak Répcelakot elkerülő gyorsforgalmi út megépítésével válna lehetségessé. Az értékelési rendszer e bizonytalanságának elkerülésére a tényezőkhöz hozzárendelt gazdasági súly helyett, az egyes szennyező komponensekhez rendelt gazdasági súlyt alkalmaztam (24. táblázat).

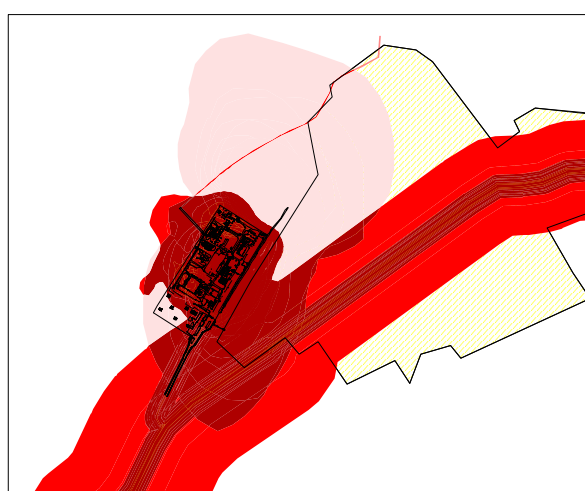
24. táblázat. módosított Linde döntési mátrix

		I				M					P		G
		CO	NO _x	SO ₂	NMCH	NO ₃	Na	KOI	NH ₄	N	Üzem	Forg.	
I	CO	X	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2+1=3
	NO _x	1	X	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3+1=4
	SO ₂	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	1	1+1=2
	NMCH	1	1	1	X	0	0	0	0	0	0	1	4+1=5
M	NO ₃	1	1	1	1	X	1	1	0	1	0	1	8+1=9
	Na	1	1	1	1	0	X	0	0	0	0	1	5+1=6
	KOI	1	1	1	1	0	1	X	0	1	0	1	7+1=8
	NH ₄	1	1	1	1	1	1	1	X	1	0	1	9+1=10
	N	1	1	1	1	0	1	0	0	X	0	1	6+1=7
P	Üzem	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	1	10+1=11
	Forg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0+1=1



43. ábra. Határérték feletti területek

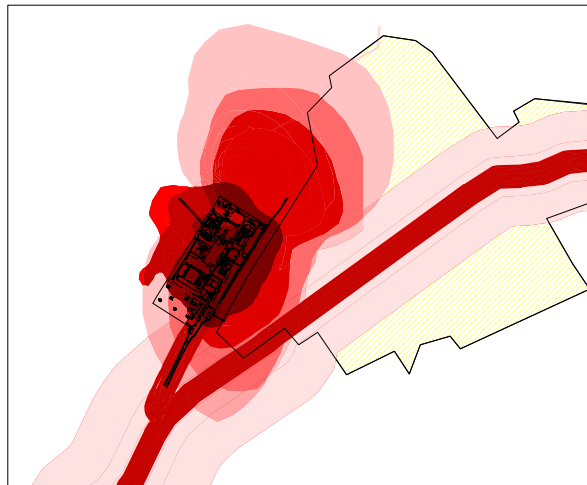
1 = Linde Gáz Magyarország Rt., 2= Répcelak belterülete, ■ = határérték feletti terület



44. ábra. Beavatkozási területek gazdaságosság szerint

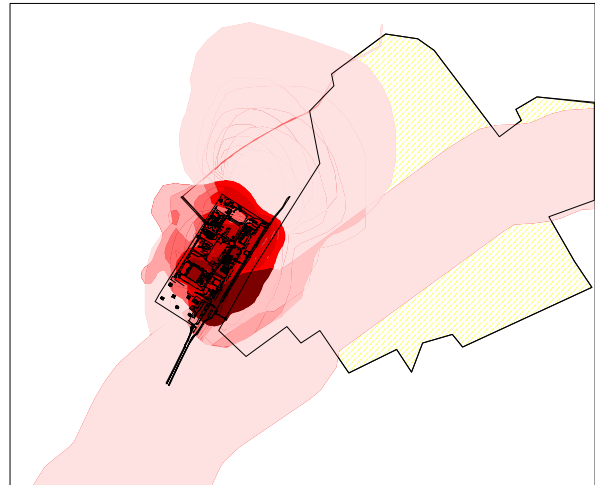
A beavatkozás: nem közepesen rendkívül gazdaságos

Ez a módszer a döntést annak a környezeti tényezőnek az irányába viszi, ahol több szennyező komponens van, de ez helyénvaló is, mivel ahol sok szennyező komponens található, ott az okozott hatás nagyobb, és egy beavatkozással több komponens értékét is csökkenteni lehet. Mindazonáltal jól megfigyelhető, hogy a közlekedésből származó zaj megváltoztatása kifejezetten nem gazdaságos (45. ábra), viszont a közlekedésből adódó levegőszennyezést még mindig gazdaságosnak jelöli. Ennek a problémának a feloldása úgy lehetséges, hogy a gazdaságossági döntési súlyt összeszorozom az IMPACT II indexszel (46. ábra). Eredményül most azt kapom, hogy a zaj és a felszíni víz területén érdemes elsődlegesen beavatkozásokat végezni.



45. ábra. Beavatkozási területek szennyező komponensek gazdaságossága szerint

A beavatkozás: nem közepesen rendkívül gazdaságos



46. ábra. Beavatkozási területek tényezők gazdaságossága szerint, IMPACT II értékkel súlyozva

A beavatkozás: nem közepesen rendkívül gazdaságos

A környezeti tényezők esetén alkalmazott döntési (gazdaságossági) súly azokban az esetekben használható, ha kevés szennyező komponens vizsgálunk egy környezeti tényező esetén. A szennyező komponensek súlyozása pontosabb eredményt adhat, viszont megjelenik a komponensek egymásra hatása. A legpontosabb és legegységesebb helyzetet a döntési súlyok és a számított IMPACT II index szorzata adta.

4.3.3. A döntési célok elérései módszerének összefoglalása

Az IMPACT II környezeti hatásértékelő rendszer tényezőinek felhasználása egy döntés-előkészítő, támogató rendszerben lehetőséget ad, az eredményül kapott I^{II} index értékén kívül, a környezetszennyezés csökkentését, megelőzését célzó beavatkozási lehetőségek meghatározására, azok rangsorolására.

A szennyező anyagok koncentráció-eloszlásának határérték feletti ábrázolása, annak a védendő objektumokkal való összevetése megmutatja, hogy melyek azok a területek, ahol feltétlenül szükséges a beavatkozás. Gazdasági és egyéb érdekek, a döntéshozó véleményének figyelembevétele, a szennyező komponensekhez, környezeti tényezőkhöz hozzárendelt további döntési súlyok, döntési mátrix bevezetésével lehetséges. A gazdaságossági súly és az IMPACT II index kombinálásával (összeszorozásával) a döntés egyértelműbbé válik, a szubjektivitás csökken, a megbízhatóság nő.

4.4. Az információ elemzése a Fuzzy-logika elvén

4.4.1. A Fuzzy-logika alapjai

Goodchild és Gopal (1989) részletesen foglalkozik a digitális térképi adatbázisok térbeli bizonytalansági értékeivel. Burroogh (1986), Stoms (1987) elemzi a hibaterjedési folyamatokat és ezek hatását az adatminőségre, Fisher (1991) és Jiang (1996) részletesen leírja a fuzzy algebra által meghatározható térbeli bizonytalanságokat. (Tamás 1997)

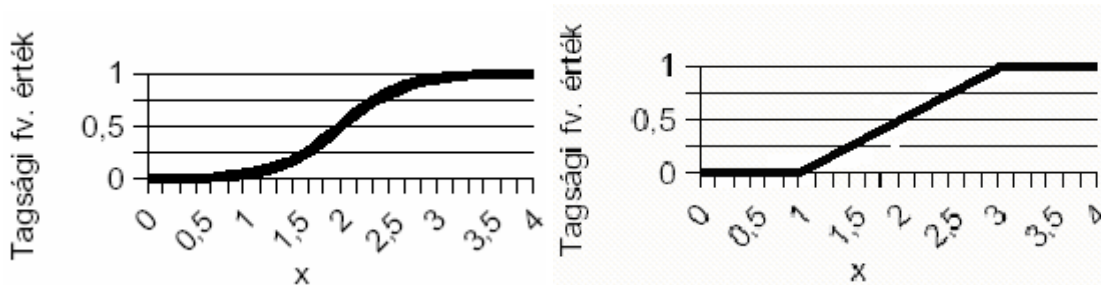
A jelenleg elég csekély szakirodalom szól a valószínűségi, illetve a Fuzzy döntéshozatali lehetőségekről, valamint ezek hatásáról a döntési kockázatra (Eastman, 1993). A Boolean algebra a legismertebb eljárás, amivel logikai réteket hozunk létre és logikai műveleteket hajtunk végre az adatbázisban. Sok adatbázis viszont nem képes visszaadni a döntéshozatali folyamat során az adatbázis térbeli változását.

Zadeh (1965) elméleti alapokat dolgozott ki a térbeli elemzések bizonytalanságának kezelésére. Ez a fuzzyfikáció elmélete, ami lehetőséget ad arra, hogy a Boolean algebra igen-nem kemény döntési feltételeitől eltérjünk, és egy lágyabb, az emberi gondolkodásnak megfelelőbb megközelítést alkalmazzunk. Az alacsony, közepes, magas kategóriák alkalmazása egy folyamatos függvény megfeleltetése révén, ahol a függvénynek megfelelően bármelyik pont, eltérő valószínűségi szinten alkalmas a válasz megadására.

Az alaplóműveletek a következők (eCognition):

AND(min)	két Fuzzy-réteg metszete, az értékek minimumát adja meg
AND (*)	két Fuzzy-réteg szorzata, az együttes előfordulás valószínűségét jellemzi
OR	két Fuzzy-réteg uniója két réteg maximumát kell megkeresni a térközi átfedések során
MEAN(arithm)	a Fuzzy-rétegek számtani középértékét számolja
MEAN(geo)	a Fuzzy-rétegek geometriai középértékét mutatja
NOT	a Fuzzy-réteg értékeinek 1-ből történő kivonása

Matematikai jellemezés során vizsgáljuk A halmazt, ami a Fuzzy-eljárás során a besorolás alapját képező alaphalmaz - az objektumok halmaza -, és megnézzük, hogy a_i elem mennyire tartozik bele a halmazba: nagyon, kevésbé, vagy egyáltalán nem. Így minden A halmazbeli a_i elemhez hozzárendelünk egy számot 0 és 1 között, ami jellemzi az elem halmazba tartozásának mértékét. Tehát az A halmazunk fuzzyban az alábbi módon néz ki: $A = \{a_1^{(i1)}, a_2^{(i2)}, \dots, a_n^{(in)}\}$. A felső indexbe írt értékek a halmazelemekhez rendelt, halmazba tartozást jellemző számot mutatják. A Boolean algebrában értékük vagy 0 vagy 1 volt. Az az elem, amelyhez 0-át rendeltünk nem került besorolásra. Más megközelítéssel a fuzzy algebra szerint a kockázat bármilyen értéket felvehet (0-1) egy megfelelő függvény-megfeleltetés alapján a távolság függvényében. Ez az ún. tagsági függvény. Alakja lehet a szabályozásokban gyakran használt háromszög-, trapéz- vagy Gauss-függvény, valamint jobb vagy baloldalon nyílt alaphalmaz esetén szigmoid vagy lineáris függvény. Mivel a szennyezőanyag-koncentráció értékek jobb oldalon nyitottnak mondhatók, ezért a fuzzyfikálás során a szigmoid és a lineáris tagsági függvényt használtam (47. ábra).



47. ábra. Szigmoid és lineáris tagsági függvények (Johonyák, 2004)

A tagsági függvények leírására szolgáló képletek a következők:

$$\mu_{\text{szigmoid}}(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + e^{-c(x-b)}} \quad \mu_{\text{lineáris}}(x; a, b, c) = \max\left(0, \frac{x-a}{c-a}, 1\right) \quad (53,54)$$

ahol $a = 1$, $b = 2$, $c = 3$ (a későbbi alkalmazás során a b = határérték a, c határérték $\pm 50\%$ -a)

Zadeh (1973) az általánosan használt alacsony, közepes és magas kategóriákon kívül további kategóriákat javasol. Kifejezőbb a kategóriák finomítása: alacsonyabb, alacsony, közepes, magas és magasabb. Az elemző munka során ezeket a finomított kategóriákat használhatjuk fel a környezetvédelemre alkalmazva, azaz: nem szennyezett; enyhén szennyezett; közepesen szennyezett; szennyezett; rendkívül szennyezett kategóriák.

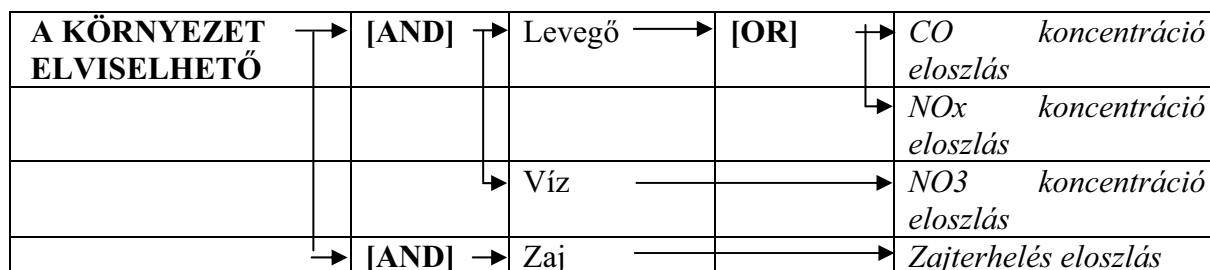
A következő példa szemlélteti a Boolean és a Fuzzy-logika közötti különbséget:

A Boolean-logika szerint a környezet elviselhető humáncentrikus megközelítésben, ha a levegő és a felszíni víz nem, vagy enyhén szennyezett és a zajszint alacsony vagy közepes, de nem magas. Ez műveletekkel a következő:

A KÖRNYEZET ELVISELHETŐ	[AND]	Levegő	[OR]	Nem szennyezett CO által	
				Enyhén szennyezett CO által	
				Nem szennyezett NOx által	
				Enyhén szennyezett NOx által	
		[AND]	Víz	[OR]	Nem szennyezett
					Enyhén szennyezett
		[AND]	Zaj	[OR]	Alacsony
					Közepes
				[NOT]	Magas

48. ábra. A Boolean-logika működése

Ugyanezt Fuzzy-logikával a következőképpen fogalmazhatjuk meg: a környezet elviselhetősége a levegő szennyezettségétől, amely pedig a CO és NOX eloszlástól függ, valamint a vízszennyezettség és a zajterhelés eloszlásától.



49. ábra. A Fuzzy-logika működése

4.4.2. A Fuzzy-logika műveletei

Tamás (1997) szerint: a Fuzzy-rétegekkel végzett térbeli műveleteket Bellman és Giertz (1973), Giles (1976), Bier (1992) munkáiból ismerhetjük meg részletesen. Jiang (1996) a fuzzy-ológia alkalmazásánál a hagyományos térinformatikai rétegekiosztás helyett ún. alrétegek kialakítását is javasolja. Ezek az alrétegek a fuzzy függvénynek megfelelően modifikált raszteres rétegek, amelyekkel később a már hagyományos térinformatikai rendszerekben is megismert térbeli műveleteket lehet elvégezni. A később bemutatásra kerülő fuzzyfikálási eljárásban ezek az alrétegek az egyes szennyezőanyagok térbeli koncentráció-eloszlásai.

A fuzzy rendszerek alkalmazása során három fő lépést kell végrehajtani:

- fuzzyfikáció
- fuzzy alapszabályok
- defuzzyfikáció

Ezek részletezve a következőket jelentik (eCognition 2004):

Fuzzyfikáció. A fuzzyfikáció egy valós rendszerből fuzzy rendszerbe történő átalakítást írja le), ahol minden egyes elemhez egy, már említett valószínűségi értéket rendel a [0,1] értéktartományban. Fuzzy készletnek (halmaz) nevezzük azokat a tulajdonság értékeket, melyeknek a valószínűségi értéke nagyobb mint 0. A fuzzyfikációt a szigmoid, lineáris vagy egyéb tagsági függvényekkel végezzük. A különböző tulajdonságok kombinációja mindig azután történik, miután a tulajdonságot fuzzyfikáltuk. Ezért az összes bemeneti érték a Fuzzy kombinációban 0 és 1 közé esik, függetlenül az eredeti alaphalmaz tulajdonságától. Ez egyszerűsíti a munkát egy több dimenziós tulajdonságtérben, ahol különböző forrásokból és hierarchikus kapcsolatokból különböző értékek és tulajdonságok vannak.

Fuzzy szabályok. A Fuzzy-műveletek együttes alkalmazásával kapjuk a Fuzzy-szabályokat, melyek a különböző Fuzzy-készleteket, kategóriákat is kombinálják.

Defuzzyfikáció. Több területen, mint például az irányítás területén a fuzzy eredményeket vissza kell alakítani ún. „éles” értékekké, ami azt mutatja, hogy egy objektum egyértelműen egy osztályhoz fog tartozni, vagy nem. A klasszifikációs lépésnél általában azt az osztályt választjuk, ahol legmagasabb a valószínűségi / tagsági érték. Ennek eredményeképpen a Fuzzy-bizonytalanság elveszik. A defuzzyfikáció a fuzzyfikációval ellentétes folyamat.

4.4.3. A Fuzzy-logika alkalmazása

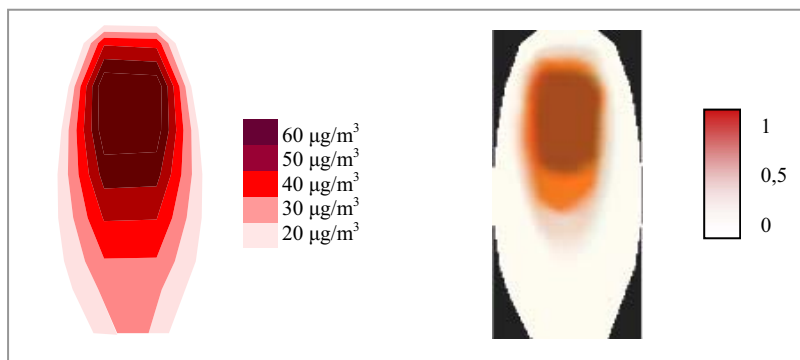
Az általam használt – Fuzzy-logikán alapuló - szennyezettség szerinti megközelítésben a kiinduló elem a tervezett üzemben bemutatott IMPACT II index környezeti tényezőinek bemenő adata, a szennyező komponensek térbeni koncentrációs változása. A rendszer képes lenne egyéb tényezőket is vizsgálni (pl. humán tényezők mint, lakossági megelégedettség, társadalmi beavatkozás), de ezek alkalmazásától jelen esetben - a későbbi (Fuzzy és nem Fuzzy megközelítés) összehasonlíthatóság érdekében - eltekintünk.

Fuzzyfikálás

A 4.4.2. pontban közölt elmélet alapján az első lépés a különböző környezeti elemek, szennyező komponensek fuzzyfikálása. A fuzzyfikálás során a bemenő adatok kiválasztása után (szennyező anyagok) számba vettem a halmazok leírására használható tagsági függvény típusokat. A szóba jöhető háromszög, trapéz, exponenciális, lineáris, és szigmoid görbék közül - mivel a szennyezőanyag-koncentráció értéke jobbról nyitott - a szigmoid függvényt, illetve az ökológiai réteg fuzzyfikálásához a lineáris tagsági függvényt választottam. A kiválasztott függvény formájának, lefutásának megállapításához megpróbáltam behatárolni azon értékeket, melyeknél biztosnak tekinthetem az 1-es tagsági szintet.

A 4.4.1. pontban ismertetett 53., 54. egyenletekhez szükséges az a,b és c pontok meghatározása. Általános esetben elmondható, hogy egy szennyező komponens háttérszennyezettsége „a”, a határértéke „b” az LD/LC50 értéke pedig „c”. Sok esetben viszont nem állnak rendelkezésünkre a háttérszennyezettségi adatok, és nem minden komponensre létezik LD/LC50 érték. Ezért a szigmoid tagsági függvényhez a 4.1.5 fejezetben közölt példa alapján a következő paraméterek kerültek meghatározásra: „b” a szennyező komponens határértéke, „a” = „b”- 50 %, „c” = „b” + 50 %. A lineáris tagsági függvény esetén az „a” = 0 és „c” = 1 (ez az ökológia esetén azt jelenti, hogy $\mu = 0$, ha nem károsodott, $\mu = 0,25$, ha mérsékelten károsodott, $\mu = 0,5$, ha károsodott, $\mu = 0,75$, ha rendkívül károsodott és $\mu = 1$, ha elhalt).

A függvény és a meghatározó értékek kiválasztása után az összes szennyezőanyag koncentráció-eloszlását az ESRI ArcView Spatial Analyst moduljával a *theme/convert to grid* parancsával rasterizáltam, majd lefutattam a számítást. Eredményképpen minden egyes receptorpontra a szennyező anyagok számának megfelelő, a tagsági függvények szerinti [0,1] intervallumba eső tagsági értékek halmazát kaptam. Térképi ábrázolás során ezek az ún. alrétegek. Az eredeti és fuzzyfikált eloszlás az 50. ábrán figyelhető meg. A fuzzyfikálást a *map calculátor* (52. ábra) segítségével hajtottam végre.



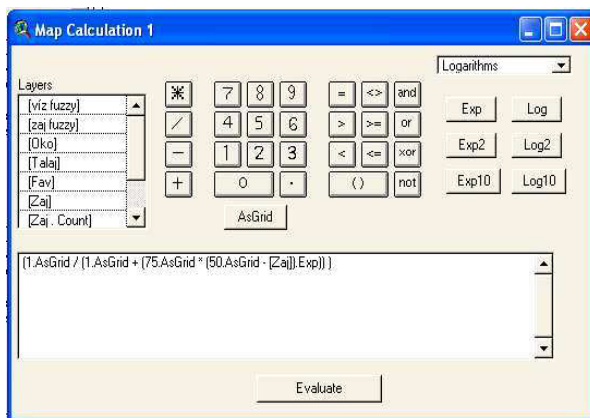
50. ábra. A NOx koncentráció eloszlás fuzzyfikálás előtt és után

A Fuzzy-műveletek alkalmazása.

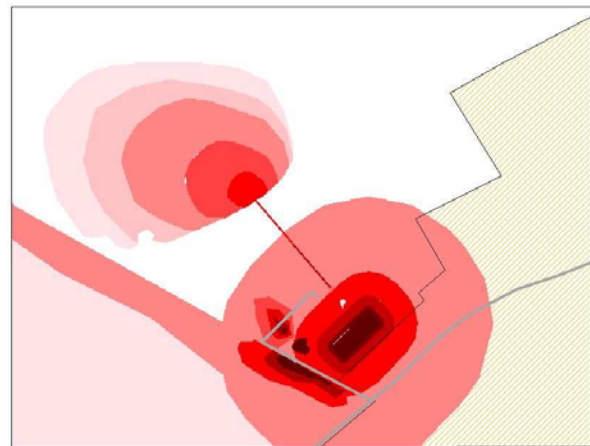
A kapott eredményeknél, első lépésben az OR (VAGY) művelet alkalmazásával minden egyes receptorpontra a tagsági értékek unióját képeztem, ami a tagsági függvények halmazából megadja a maximális értéket. Ehhez szintén a *map calculator*ot használtam. Eredményül szintén a [0,1] intervallumba eső értéket kaptam, melyet [0,255] lineáris, folyamatos piros színskálán (51. ábra) ábrázoltam (53. ábra).



51. ábra. Az alkalmazott vörös színskála és a Fuzzy-értékek



52. ábra. A Map Calculátor használata



53. ábra. Maximális szennyezettség szemléltetése

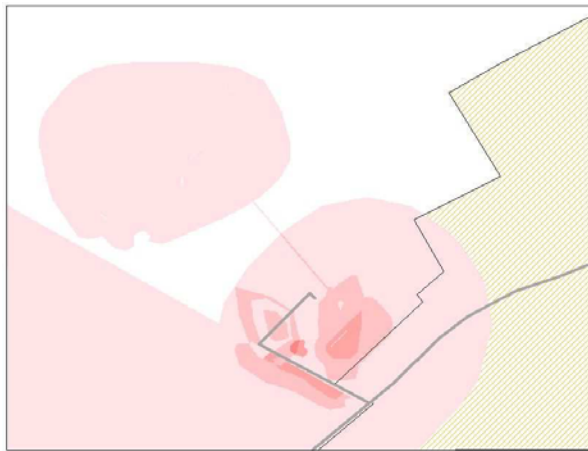
A legnagyobb szennyezettséget az elhalt erdőrészen és az üzem területén találhatjuk, melyet a zaj és a levegő együttes hatása okoz. Az értékek a 0 és 1 között minden értéket felvesznek.

A következő lépésben az átlagos szennyezettséget vizsgáltam. Az eljárás lényege, hogy a kiindulási fuzzy alrétegek (IMPACT II fuzzyfikált rétegei) számtani átlagát veszem a MEAN (arithm) művelettel. Az eredmény ismételen [0,1] intervallumba eső érték, melyet [0,255] lineáris vörös színskálán ábrázoltam (54. ábra). A térinformatikai feldolgozás az előbbitől csak a más művelet alkalmazásában tért el.

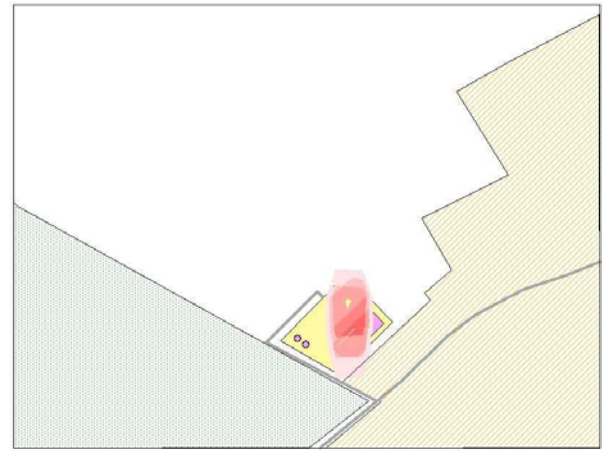
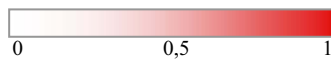
Harmadik lépésben a szennyezőanyagok együttes előfordulásának valószínűségét vizsgáltam a fuzzy alrétegek AND(*) szorzás műveletével. Az eredmények ábrázolása (55. ábra) az 51. ábra szerint történt.

Az átlagos szennyezettség értékei 0 és 0,21 között helyezkednek el. A szennyezőanyagok együttes előfordulásának valószínűsége csak a levegő és zaj rétegekre adott értékelhető eredményt: 0-0,35 értékek között, azaz az előfordulás maximális valószínűsége 0,35. A többi tényező esetén azért nem kaptam értékelhető eredményt, mert a tényezők (s ezzel az alrétegekben értékkel rendelkező cellák) nem fedték egymást. A fuzzyfikálás miatt azokon a

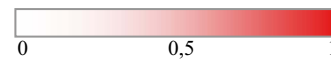
területeken, ahol a szennyezőanyag koncentrációja a határérték 50 %-a alatt van, a tagsági érték nulla, s ezáltal a szorzás művelet eredménye is az adott területre nullát ad.



54. ábra. Az átlagos szennyezettség MEAN művelettel



55. ábra. Szennyezőanyagok együttes előfordulási valószínűsége



A módszer előnye:

- rendkívül gyors és egyszerű
- nincs korlátja a bemenő komponensek számának
- elkerüljük a súlyozásokból és összegzésekből eredő bizonytalanságot
- matematikai alapokon fekszik, az adatok pontatlanságán kívüli hibákkal nem terhel
- számítógépes, megismételhető és automatizált feldolgozás

Defuzzyfikálást jelen esetben nem hajtottam végre, mivel az adatfeldolgozás során eltérő dimenzójú és jellegű adatokkal foglalkotom, ezáltal nem tudom - és nincs is jelentősége - éles értékekké visszaalakítani a kapott eredményt.

4.4.4. A Fuzzy-logika alkalmazása a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyére

A 4.4.3. pontban bemutatottak szerint az összes meglévő szennyező komponensre elvégeztem a koncentráció érték szerinti fuzzyfikálást. Az alrétegek átfedéséből származó fuzzy réteget (OR művelet) az 56. ábra, az átlagos szennyezettséget (MEAN művelet) az 57. ábrán mutatom be. Az együttes előfordulás valószínűségének (AND*) számítása során értékelhető eredményt nem kaptam, ezért ábrázolásától eltekintek.

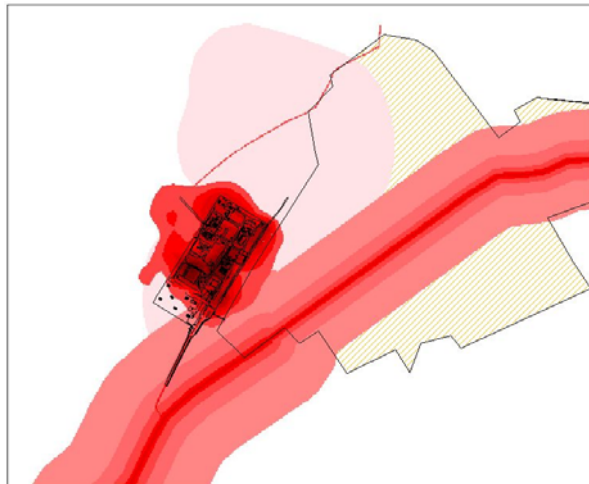
4.4.5. A Fuzzy-logika megbízhatósága

A rendszer megbízhatósága az adatok megbízhatóságán alapszik, amely pl. a mérési pontosságon, mérőműszer pontosságán alapul. A legtöbb esetben a mérőműszer pontossága rendelkezésünkre áll (pl. zajmérő műszer pontossága ± 2 dB), amennyiben nem, akkor több

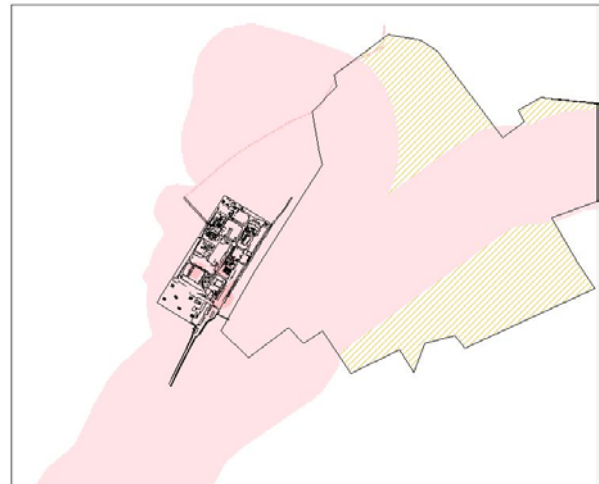
mérőponton, minden egyes mérőponton több méréssel tudunk megbízhatósági intervallumot számolni.

A fuzzy logikán alapuló megbízhatósági vizsgálatok során, a konkrét értékeken kívül a megbízhatósági intervallumot is transzformálnunk kell.

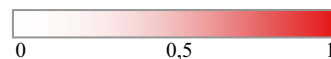
A kiindulási adat a vizsgálat során vagy a mérőműszer pontosságából, vagy a mérések átlagtól való eltéréseiből számolt adatpontosság.



56. ábra. A Linde maximális szennyezettsége OR művelettel



57. ábra. A Linde átlagos szennyezettsége MEAN művelettel



A módszer megbízhatóságának számítását a tervezett üzem példáján végzem el, a levegő és zaj környezeti tényezőkre a MEAN(középérték) művelet alkalmazásával, mert ezeknek a tényezőknek az együttes előfordulási valószínűsége az adott cellában nem nulla.

A gyártó adatai alapján a zajmérésre felhasznált mérőműszer pontossága ± 2 dB. Ha a mérési eredményem 70 dB volt, akkor a megbízhatósági intervallum 68...72 dB. A nitrogén-oxidok és szén-monoxid méréseknél ilyen adat nem állt rendelkezésre, viszont a megadott mérési eredmény egy mérési sorozat átlageredménye volt. Az eredmények szórásából számolva a mérési pontosság az NO_x esetén $\pm 3,5$ μ g, CO esetén ± 8 μ g.

A térinformatikai feldolgozás során zajmérési eredményeket tartalmazó raszter minden cellájára el kell végezni a módosítást, majd a rétegeket fuzzyfikálni kell. Eredményül, minden tényezőre két rasztert kapok, amely a minimum és maximum értékeket, a megbízhatósági intervallum két határértékét jelenti. A további műveleteket ezekkel a minimum és maximum rétegekkel kell végezni. Az eredmény minimum értékét a min(zaj) MEAN min(NO_x) MEAN min(CO) adja [0,1] értéktartományban, míg a maximum értékét a max(zaj) MEAN max(NO_x) MEAN max(CO) adja [0,1] értéktartományban.

Az eredmény megbízhatósági intervalluma a minimum és maximum értékeket tartalmazó raszter különbségének abszolút értékéből adódik.

Például egy pixel esetén az eredmény: zaj 70 dB \pm 2 dB, NO_x 60 μ g \pm 3,5 μ g, CO 400 μ g \pm 8 μ g.

A mérési eredmények fuzzy értékeinek középértékéhez viszonyítva a megbízhatósági intervallumot a

$$\frac{(\max - \min)}{(\max + \min)} * 100, \quad (55)$$

összefüggés adja.

Táblázatos formában a összefoglalva az eredmények:

25. táblázat. A megbízhatósági intervallum számítása

Tényező	ZAJ		LEVEGŐ			
	Zaj 70 dB± 2dB		NOx 60 µg ± 3,5 µg		CO 400 µg ± 8 µg	
Mért érték						
Megbízhatósági intervallum	68 dB	72 dB	56,5 µg	63,5 µg	392 µg	408 µg
Fuzzy érték	0,86	0,94	0,31	0,41	3,04*10 ⁻⁵	3,24*10 ⁻⁵
A megbízhatósági intervallum alsó határait a fuzzy érték 2 rétegre	(0,86 + 0,31)/2 = 0,585					
3 rétegre	(0,86 + 0,31 + 3,04*10 ⁻⁵)/3 = 0,39					
A megbízhatósági intervallum felső határait a fuzzy érték 2 rétegre	(0,94 + 0,41)/2 = 0,675					
3 rétegre	(0,94 + 0,41 + 3,24*10 ⁻⁵)/3 = 0,45					
Megbízhatósági fuzzy intervallum 2 rétegre	0,585;0,675 (= 0,63 ± 0,045)					
3 réteg	0,39;0,45 (= 0,42 ± 0,03)					

Az 55. összefüggést felhasználva (2 réteg esetén a középérték 0,63; 3 rétegnél 0,42) az eltérés 2 és 3 rétegre is 0,07142, azaz 7,142 % a vizsgált cellára.

4.4.6. A Fuzzy-alkalmazások összefoglalása

Az általam kifejlesztett IMPACT II értékelési rendszer vizsgálatát Fuzzy-logika szerinti megközelítésben is elvégeztem. A módszer során felhasznált adatok a tervezett üzemén és a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyének esettanulmányában bemutatott IMPACT II index környezeti tényezőinek bemenő adatai, a szennyező komponensek térbeni koncentrációs változásai voltak, ezeknek a raszterizált rétegei képezték a fuzzy rendszer alrétegeit.

A maximális szennyezettség értéket a Fuzzy-alrétegeken alkalmazott fuzzy OR művelettel, az átlagos szennyezettséget a MEAN (arithm) művelettel, és a szennyezőanyagok együttes megjelenési valószínűségét az AND (*) művelettel kaptam meg, [0,1] intervallumba eső értéktartományban. Az eredményeket [0,255] lineáris vörös színskálán ábrázoltam.

A műveletek egyszerűen végrehajthatók voltak. A maximális szennyezettség az egy cellában előforduló összes szennyező komponens tagsági függvény értékéből a lehető legmagasabb értéket jelenti, viszont nem ad választ arra, hogy milyen más szennyezés van az

adott területen. Az átlagos szennyezettség az egy cellában előforduló szennyező komponens tagsági függvény értékek számtani középértéke, amely képes a szennyező komponensek együttes hatását jellemezni, de nem ismert a maximális érték.

A Fuzzy-logikán alapuló alkalmazás, bemenő adatok megbízhatósági intervallumára alapozott megbízhatóságának vizsgálatával 7,142 %-os eredményt kaptam.

A Fuzzy-módszer előnye, hogy rendkívül gyors, nem korlátozza a bemenő komponensek számát, elkerüli a súlyozásokból és összegzésekből eredő bizonytalanságot, valamint matematikai alapokon fekszik, így az adatok alapbizonytalanságán kívül hibákkal nem terhelt.

Alkalmas egyéb, nem csak környezeti tényezők, hanem egyéb, mint például lakossági panaszok, figyelembe vételére.

A kapott eredmények számszerűek, ezáltal a változások vizsgálata az értékek összehasonlításával egyszerűen végrehajtható. (Például az eredményrétegek kivonásával szemléletesen ábrázolható a pozitív és negatív különbség.)

A Fuzzy-eljáráshoz felhasznált adatokat vektoros rendszerből származtattam - a várható egyenletes eloszlás alkalmazása helyett - a koncentráció-eloszlások esetében éles határvonalak figyelhetők meg. Olyan modellező programok használatával, melyek a végeredményt grid formában adják, ez kiküszöbölhető. Ez a módszer hibájaként nem vehető figyelembe, az alkalmazásával jobban kiaknázható a raszteres rendszer előnye

A Fuzzy-logikán alapuló eljárás előnye akkor jelentkezik, ahol egy területre rendkívül nagy számú szennyező komponens fejt ki hatást, valamint sok egyéb szempontot - pl. lakossági panaszok, hatósági specifikációk - is figyelembe kell venni. A műveletek végrehajtása egyszerű és gyors.

A kapott eredmények számszerűek, ezáltal a változások vizsgálata egyszerűen végrehajtható az értékek összehasonlításával. (Például az eredményrétegek kivonásával szemléletesen ábrázolható a pozitív és negatív különbség.)

4.5. AZ IMPACT II index és a Fuzzy-logika összehasonlítása

A két esettanulmány (fiktív üzem, Linde Gáz Magyarország Rt.) környezetvédelmi hatásait két különböző módszer segítségével értékeltem. Először az általam kifejlesztett IMPACT II értékelő rendszer használatával, majd a Fuzzy-logikán alapuló értékelő módszerrel. Ebben a fejezetben az ezen két módszer alkalmazása közötti különbségeket keresem a módszerek eredményeinek matematikai összehasonlításával.

Mindkét módszer során ugyanazokat a bemenő adatokat használtam fel, melyek mérésen, vagy modellezésen alapultak.

Az IMPACT II értékelő rendszer használata során megállapítottam az egyes szennyező komponensek veszélyességét jelölő számát [W], és illetve koncentrációjától függő faktorát [C] melyek szorzata adja a komponens I^{II} részindexét. Az egyes környezeti tényezők I^{II} részindexét a tényezőbe tartozó összes szennyező komponens I^{II} részindexének összegzésével kaptam, míg a végleges I^{II} indexet a környezeti tényezők normalizált I^{II} részindexének összesítésével. A kapott eredményekhez egy értékelő skálát rendeltem, és vektor alapú rendszerben ábrázoltam.

A Fuzzy-logika alkalmazásakor minden egyes alrétteg adatait (szennyező komponens koncentráció értékei) fuzzyfikáltam és raszteres térinformatikai rendszer segítségével kerestem a maximális (OR művelet), az átlagos (MEAN művelet) szennyezettségű területeket, illetve a szennyezőanyagok együttes előfordulási valószínűségét (AND*).

A két módszer eredményeinek összehasonlítása során az I^{II} indexet és a Fuzzy-logika OR művelete által kapott értékeit vizsgálom. Az összehasonlítás végrehajtása előtt az I^{II} index értékeit tartalmazó fedvényt raszterizálni kell.

Az értékek általános jellemvonását azok *átlaga* jellemezheti, amely a (56) képlettel számolható:

$$\bar{X} = \frac{X_I + X_F}{2}, \quad (56)$$

ahol X_I az adott cella I^{II} index értéke, X_F az adott cella Fuzzy-logika által kapott értéke

Az elemzéshez szükségem van egy olyan mérőszámra, amely azt mutatja meg, hogy a mintaelemek milyen közel vannak az átlaghoz. Ezt a mérőszámot a szóródás mérőszámának nevezzük, ideális esetben ez a szám akkor kicsi, ha a mintaelemek közel vannak az átlaghoz. A leggyakrabban alkalmazott mérőszámok a **terjedelem**, a **variancia** és a **standard deviáció**.

A **terjedelem** a két érték maximuma és minimuma közötti különbség, azaz:

$$X_T = |X_I - X_F| \quad (57)$$

A **variancia** az átlagtól való eltérést mérő szám, definíció szerint az értékek szóródása az átlagtól való átlagos négyzetes eltéréssel jellemezhető. A variancia képlete a következő:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (58)$$

ahol x_i a lehetséges értékek (X_I , X_F), n a darabszám - jelen esetben 2.

A standard deviáció általánosabban használt mérőszám a szóródásra, amely a variancia négyzetgyöke. A standard deviáció képlete:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (59)$$

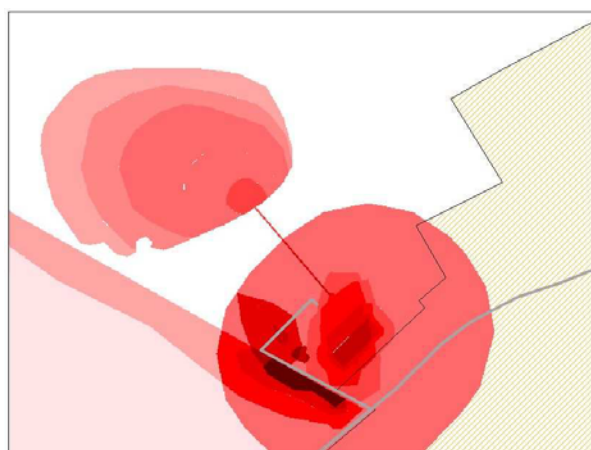
A standard deviációnak ugyanaz a mértékegysége, mint az átlagé, ill. az eredeti adatoké.

Z érték, vagy standardizált érték egy másik fontos mérőszám. A z érték megadja, hogy a mintaérték eltérése az átlagától a standard deviáció hányszorosa. Ha adott egy x_i érték, a hozzá tartozó z érték a következőképpen számítható:

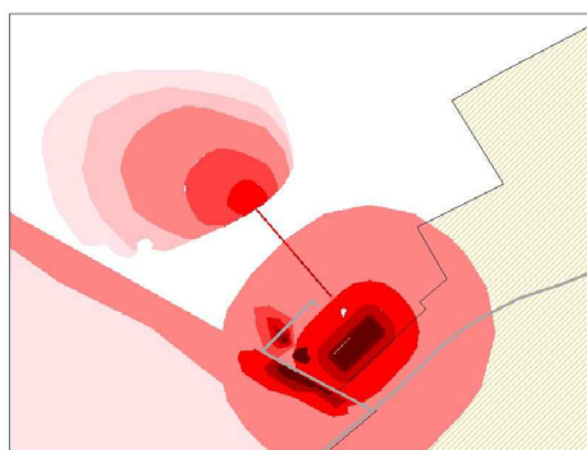
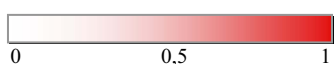
$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}, \quad i=1,2,\dots,n. \quad (60)$$

4.5.1. Az IMPACT II módszer és a Fuzzy-logika eredményeinek összehasonlítása a tervezett üzem példáján keresztül

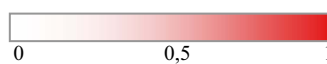
Az adatok összehasonlítására ismételten az ESRI ArcView Spatial Analyst modulját használtam fel. Mivel az IMPACT II index a $[0,60]$, amíg a Fuzzy-eredmény a $[0,1]$ értéktartományba esik, ezért először az I^{II} index eredményeit normalizálnom kellett, azaz a 4.1.4. pontban bemutatott IMPACT skála alapján a $[0,1]$ értéktartományra hozni. A fuzzyfikálásra felhasznált képlet a már ismert (40) $F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$. A skálaértékek alapján a $\lambda = 0,4951$. Az I^{II} index eredményei vektoros, a fuzzy eredmények raszteres rendszerben álltak rendelkezésre, ezért az I^{II} index eredményeit tartalmazó fedvényt *theme/convert to grid* paranccsal raszterizáltam (58. ábra) és $[0,255]$ lineáris, vörös folyamatos színskálán ábrázoltam. A fuzzy módszer szerinti eredményt az 59. ábra mutatja.



58. ábra. A tervezett üzem I^{II} index rasztere

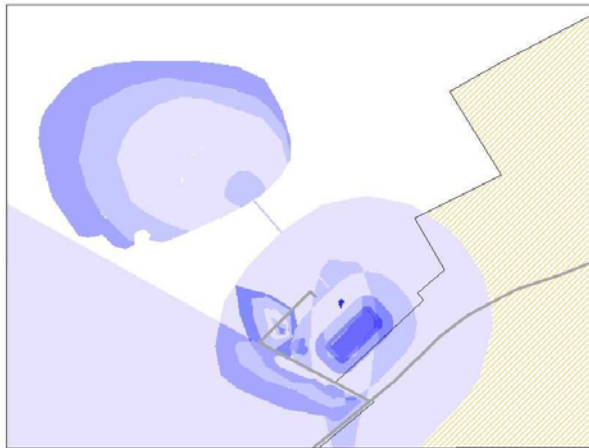


59. ábra. A Fuzzy OR művelet eredményének rasztere

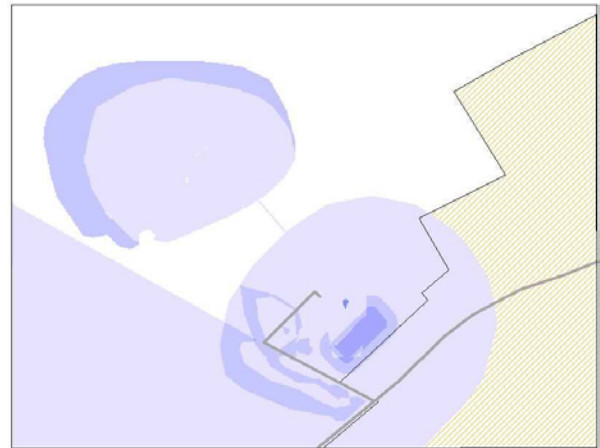
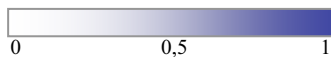


Látható, hogy a két eredmény meglehetősen hasonló, különbségként leginkább a zaj hatásának erőteljes megjelenése figyelhető meg az üzem területén.

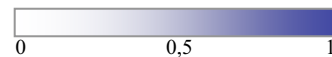
A különbségek jellemzésére a fent említett mérőszámok közül a terjedelmet és a standard devianciát használtam fel. A számolást a spatial analyst modul *Analyst/cell statistic* parancsával végeztem el, majd [0,255] lineáris, folyamatos kék színskálán ábrázoltam. Az eredmények a 60. és 61. ábrán láthatók.



60. ábra. Az IMPACT II és a FUZZY OR „terjedelme”



61. ábra. Az IMPACT II és a FUZZY OR standard devianciája



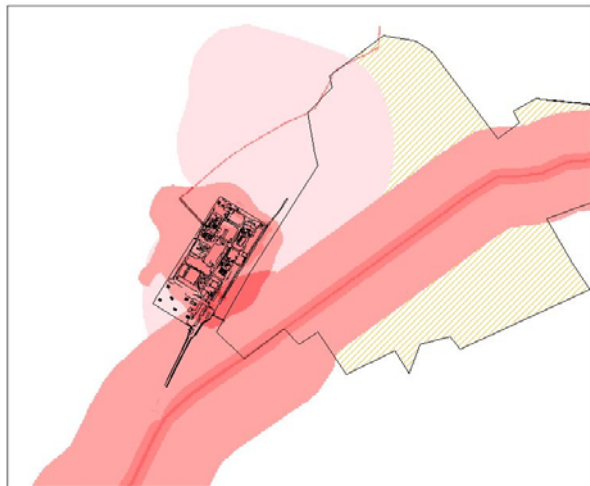
Az eredmények értékeléséhez a *summarize zones* parancsot használtam, amely által a két módszer terjedelme 0-0,5363 közé esik, a különbség középértéke 0,0656, a standard deviancia 0-0,2682 közötti, a középértéke 0,032. Az (1) képlet alapján $\sigma = RMS = 0,101$

4.5.2. Az IMPACT II módszer és a Fuzzy-logika eredményeinek összehasonlítása a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyén

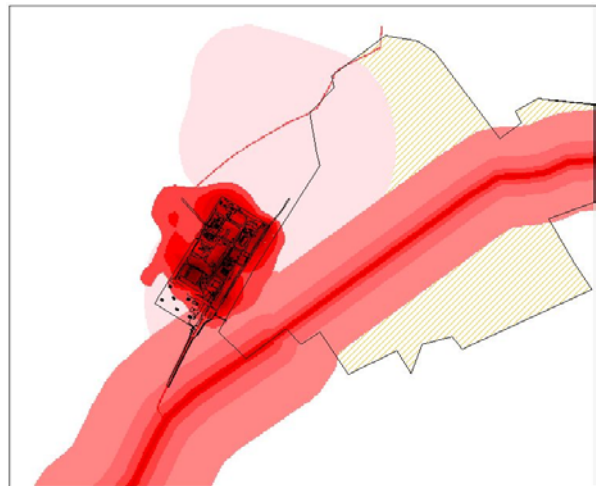
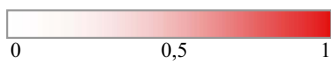
A 4.6.1. pontban említett módszert alkalmazva a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyén a következő eredményeket kaptam (62. ábra - az IMPACT II index fuzzyfikált rasztere és 63. ábra - a maximális szennyezettség a Lindére Fuzzy OR művelettel).

A különbség itt sem jelentős. A különbségek számításának és ábrázolásának érdekében itt is a két módszer „terjedelmét” és a standard devianciát vettem.

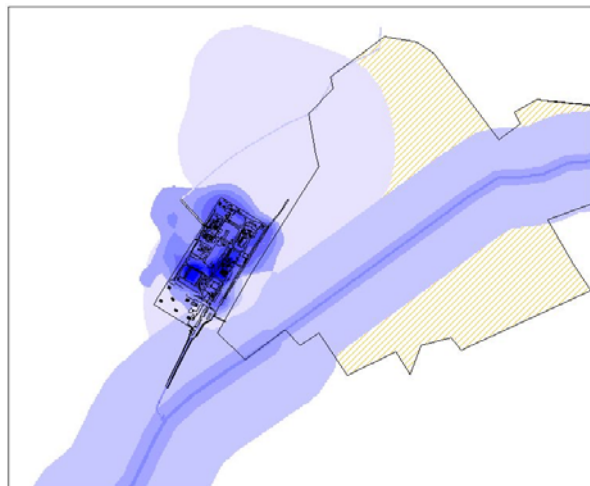
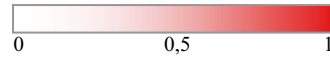
Az értékelés alapján két módszer terjedelme 0,0009-0,6937 közé esik, az eltérés középértéke 0,1074, a standard deviancia 0,0005-0,3469 közötti, míg a deviancia középértéke 0,053. Az (1) képlet alapján $\sigma = RMS = 0,148$.



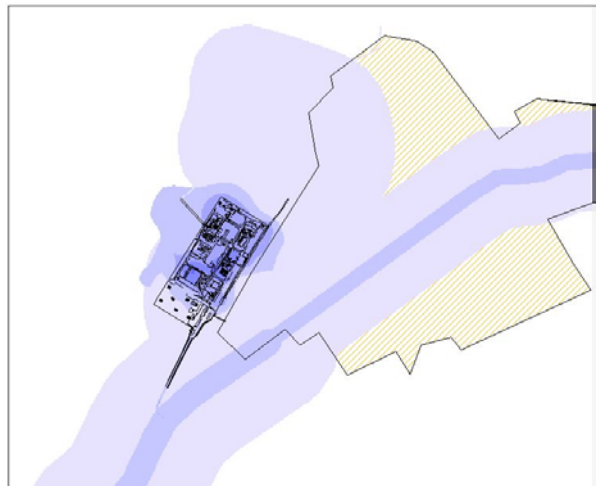
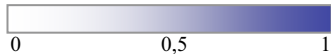
62. ábra. A Linde I^{II} index rasztere



63. ábra. A Linde maximális szennyezettsége fuzzy OR művelettel



64. ábra. Az IMPACT II és a FUZZY OR réteg „terjedelme” a Linde esetében



65. ábra. A Linde IMPACT II indexének és a FUZZY OR réteg standard devianciája



4.5.3. Az IMPACT II módszer és a Fuzzy-logika osztályba sorolásának összehasonlítása

Az IMPACT II által meghatározott, és a Fuzzy-logika által is alkalmazható osztályba sorolások - nem szennyezett, enyhén szennyezett, közepesen szennyezett, szennyezett, rendkívül szennyezett - összehasonlítását mind a tervezett üzem, mind a Linde Gáz Magyarország Rt. esetében - a 4.1.6. pontban bemutatott téves osztályba sorolások mátrixának elkészítésével, a diagonálisan egyező területek, a véletlen egyezések és a Cohen-féle kappa index segítségével - vizsgáltam meg. Emellett összehasonlító adatokat adtam az egyező területek és a megfelelő osztály arányára, valamint az egyes kategóriák arányára a

teljes területre viszonyítva mind az IMPACT II, mind a Fuzzy-logika elvére épülő módszer esetére.

Az osztályozás megbízhatóságának vizsgálatára az eredeti IMPACT II értékeket használtam fel, hogy elkerüljem a fuzzyfikáláshoz használt függvény alkalmazásából adódó bizonytalanságot.

A tervezett üzemre vonatkozó téves osztályok mátrixa a 26. táblázatban, a Linde Gáz Magyarország Rt.-re vonatkozóké a 27. táblázatban található.

26. táblázat. A tervezett üzem elemzésének téves osztályokba sorolási mátrixa

		IMPACT					Teljes
		Nem szennyezett	Enyhén szennyezett	Közepesen szennyezett	Szennyezett	Rendkívül szennyezett	
FUZZY	Nem szennyezett	38935	24881	0	39	0	63855
	Enyhén szennyezett	0	23801	46269	2117	9	72196
	Közepesen szennyezett	0	0	13094	4373	324	17791
	Szennyezett	0	0	822	2395	1091	4308
	Rendkívül szennyezett	0	0	63	1003	1708	2774
	Teljes	38935	48682	60248	9927	3132	160924

27. táblázat. A Linde Gáz Magyarország Rt. elemzésének téves osztályokba sorolási mátrixa

		IMPACT					Teljes
		Nem szennyezett	Enyhén szennyezett	Közepesen szennyezett	Szennyezett	Rendkívül szennyezett	
FUZZY	Nem szennyezett	26443	0	0	0	0	26443
	Enyhén szennyezett	0	40794	0	0	0	40794
	Közepesen szennyezett	0	14685	1410	0	0	16095
	Szennyezett	0	2181	309	0	0	2490
	Rendkívül szennyezett	0	742	0	0	0	742
	Teljes	26443	58402	1719	0	0	86564

A 4.1.6. pontban ismertetett eljárás (50) alapján a Cohen-féle kappa index értékeit mindkét esettanulmányra a 28. táblázatban tüntettem fel:

28. táblázat. A Cohen-féle kappa index értékei

		Tervezett üzem	Linde Gáz Magyarország Rt.
d	egyező területek aránya:	0,4967	0,7930
q	véletlen egyezések aránya:	0,2751	0,4149
κ	Kappa egyezési tényező:	0,3057	0,6462

Az egyező területek és a hozzátartozó osztály arányát a két esettanulmányra a 29. táblázat tartalmazza.

29. táblázat. Az egyező területek és a hozzátartozó osztályok aránya

Osztály	Tervezett üzem		Linde Gáz Magyarország Rt.	
	IMACT II	FUZZY	IMACT II	FUZZY
Nem szennyezett	100,00 %	60,97 %	100,00 %	100,00 %
Enyhén szennyezett	48,89 %	32,97 %	69,85 %	100,00 %
Közepesen szennyezett	21,73 %	73,60 %	82,02 %	8,76 %
Szennyezett	24,13 %	55,59 %	100,00 %	0,00 %
Rendkívül szennyezett	54,53 %	61,57 %	100,00 %	0,00 %

Az egyes szennyeződési osztályok arányát a teljes területre viszonyítva a két esettanulmány eredménye alapján mutatom be (30. táblázat).

30. táblázat. Az egyes osztályok és a teljes terület aránya

Osztály	Tervezett üzem		Linde Gáz Magyarország Rt.	
	IMACT II	FUZZY	IMACT II	FUZZY
Nem szennyezett	24,19 %	39,68 %	30,55 %	30,55 %
Enyhén szennyezett	30,25 %	44,86 %	67,47 %	47,13 %
Közepesen szennyezett	37,44 %	11,06 %	1,99 %	18,59 %
Szennyezett	6,17 %	2,68 %	0,00 %	2,88 %
Rendkívül szennyezett	1,95 %	1,72 %	0,00 %	0,86 %

4.5.4. A különbségek értékelése

A két módszer különbségének matematikai jellemzésére a szórást (RMS), a terjedelmet és a standard devianciát használtam fel.

A tervezett üzem esetében $\sigma = RMS = 0,101$, a két módszer terjedelme 0-0,5363 (közéértéke 0,0656) és a standard deviancia 0-0,2682 (közéértéke 0,032).

A Linde Gáz Magyarország Rt. esetében a $\sigma = RMS = 0,148$, a két módszer terjedelme 0,0009-0,6937 (közéértéke 0,1074) és a standard deviancia 0,0005-0,3469 (közéértéke 0,053).

Mindhárom érték, mindkét esetre meglehetősen alacsony, azaz elmondható, hogy a két különböző módszer (súlyozásos, matematikai) hasonló eredményt ad. A Fuzzy-logika esetén a maximális szennyezettséget vizsgáltuk, amíg az IMPACT II figyelembe veszi a veszélyességét is, amely az eltérést okozza a magasabb I^{II} index értékű területeken.

Az IMPACT II által meghatározott - és a Fuzzy-logika által is alkalmazható - osztályba sorolások összehasonlítása a téves osztályba sorolások mátrixának elkészítésével, a diagonálisan egyező területek, a véletlen egyezések és a Cohen-féle kappa index segítségével történt. Továbbá összehasonlító adatokat adtam az egyező területek és a megfelelő osztály arányára, valamint az egyes kategóriák arányára a teljes területre viszonyítva. A Cohen-féle kappa index a tervezett üzemre 30,57 %, a Lindére 64,62 %, amely kifejezetten jónak mondható. A különbséget az okozza, hogy a Linde esetében több tényezőt vizsgáltam, és a tényezők kiterjedése jobban átfedte egymást.

Az osztálybasorolások vizsgálatával elmondható, hogy a Fuzzy módszerrel magasabb értékeket kaptam, ám ez várható is volt, mert ott a maximális szennyezettséget vizsgáltam.

Az IMPACT II módszer használata során, a szennyező anyagok minőségétől függő hatások figyelembe vételére szükség van az értékelő szakértelmére, míg a Fuzzy-logika alkalmazása során csak a komponensek határértéke szükséges. Véleményem szerint mindkét módszer alkalmazható egy terület, egy ipari létesítmény környezeti hatásainak értékelésére.

5. A kutatás eredményeinek összefoglalása

A dolgozat célja egy olyan környezeti hatásértékelő, elemző rendszer kialakítása volt, amely - elsősorban a műszaki és egészségügyi gázok gyártása során bekövetkező folyamatok modellezésével - újszerű lehetőségeket nyit meg a környezeti hatás- és felülvizsgálatok terén, valamint az adatgyűjtési és feldolgozási szabályok betartásával könnyen alkalmazható más ipari területekre is. A környezetirányítási rendszerekkel összevonható segítséget nyújt a felső vezetés döntéseinek előkészítésében, a környezetszennyezés csökkentésére, megszüntetésre irányuló leoptimalisabb lehetőségek vázolásával. Ennek során egyaránt figyelembe veszi mind a vállalat, s mind a környezet érdekeit.

Első lépésként a környezetvédelmi döntéstámogató térinformatikai rendszerek, az azokra irányuló vizsgálatok szakirodalmi háttérét ismertettem, amelyben igyekeztem áttekinteni a döntéstámogató rendszerek fejlődését, főbb alkalmazásait, valamint módszertani összefoglalót adni az eddig kidolgozott eljárásokról. Az irodalmi értékelés alapján levonható következtetések a következők:

Mind a hazai és mind a külföldi szakirodalomban megfigyelhető, hogyan növekszik a térinformatikai rendszerek környezetvédelmi alkalmazásainak száma, melyek nem csupán az ábrázolásra, megjelenítésre korlátozódnak, hanem a komplex környezeti hatás- és felülvizsgálatokban nyújtanak segítséget.

A komplexitással párhuzamosan fejlődik annak az igénye is, hogy a különböző mennyiségi és minőségi adatokat számszerűsítve, egy rendszerben feldolgozva kezelhessék. Ennek az igénynek a kielégítésére alkalmas a szabályozási és vezérlési rendszerekben már alkalmazott Fuzzy-logika.

Egyre nagyobb az igény a környezeti hatás-, és felülvizsgálatok, veszélyanalízisek és a térinformatika integrációjára, illetve ezeknek a rendszerek az alkalmazása során a Fuzzy-logika adaptációjára.

További fejlesztések a felszín alatti víztartók, vízbázisok sérülékenységet kifejező DRASTIC módszer logikája, a fővárosban, stratégiai térképek terén végzett kutatások - melyek városi szennyezőanyagok eloszlását, összhatását dolgozzák fel -, valamint egy IMPACT névre keresztelt, általam kidolgozott városi környezet humáncentrikus megközelítési minősítő rendszer alapján alakítottam ki az IMPACT II környezeti hatásértékelő rendszert. Ez utóbbi lényege a soktényezős térképszintézis, amely a szennyező komponensekkel, azok értékelési rendszerével és döntési súlyával foglalkozik.

Az IMPACT - mint hatás, hatások összessége - egy mozaikszó, a különböző környezeti tényezők hatásainak angol megfelelőjéből adódott. A II szám az előbb említett városi környezet minősítő rendszer továbbfejlesztett, finomított változatára utal.

Az IMPACT II index (I^{II}) a kidolgozott értékelési szabályok felhasználásával eredményül kapott, egy a környezet minőségét meghatározó érték egy meghatározott területre. Az I^{II} indexének számításához a szennyező komponens minőségétől függő súlyára, azaz veszélyességét jelölő számára [W] és a mennyiséggel arányos értékre, a koncentrációjától függő faktorára [C] van szükség.

A veszélyességét jelölő szám [W] meghatározását Hommel veszélyt jelző számainak rendszerét a 44/2000 (XII.27.) EüM rendelet felosztásával kombinálva végeztem el, ily módon egy részletes, sok tulajdonságra kiterjedő és számszerűsíthető veszélyességi besorolást ad minden tiszta anyagra. A nem tiszta anyagokra - mint oldat, vagy egyéb, nem egyszerűen értelmezhető komponensekre, mint a kémiai oxigén igény (KOI) - is elvégeztem a besorolását. Ennek a rendszernek a segítségével minden szennyező komponens, az értékelési rendszerhez szükséges veszélyessége, az általam kidolgozott módszer alapján, megállapítható.

A szennyezőanyagok koncentrációtól függő faktorát [C] a széles körben alkalmazott telítődési görbével jellemeztem, amely leírására exponenciális függvényt használtam. A függvény értékeinek meghatározásához szükséges λ értéket, minden egyes szennyező komponensre, a határérték segítségével számoltam ki.

A környezeti szennyezések adatainak felhasználására, a különböző szennyező komponensek, környezeti tényezők IMPACT II részindexének számításához és ábrázolásához, az ESRI ArcVIEW 3.2 térinformatikai szoftvert alkalmaztam, mivel ez a vizsgálat során szükséges lehetőségeket (overlay, buffer, calculating, layout) tartalmazza. A térinformatikai feldolgozás során a szennyező komponensek koncentráció, illetve IMPACT II részindexének eloszlása alapján, a szennyezéseket lehatároltam, rétegeket képeztem, majd azokat átlapoltam, uniójukat képeztem. Az I^II index értékeit, az értékelési eredményeket az alkalmazott térinformatikai szoftver lehetőségeit kihasználva, az abba beépített eszközök segítségével származtattam.)

Mind a komponensek, mind a környezeti tényezők, valamint az eredmények ábrázolására színezési és besorolási rendszert alakítottam ki. A határérték közeli / feletti koncentrációkat a sárga és a vörös árnyalatai ábrázolják, hogy a túllépések szemléletesen láthatóak legyenek, míg az alacsony koncentrációkat a zöld árnyalataival jelöltem. Ez a színezési módszer a közlekedési lámpa színeinek is megfeleltethető, így a színek jelentése: vörös = veszély, sárga = figyelmeztetés, zöld = megfelelő. Ezáltal az alkalmazott módszer az IMPACT II index segítségével szemléletesen mutatja be a vizsgált területek szennyezettségét. Markánsan kirajzolódnak az egyes tényezők határérték feletti szennyeződése vagy a több tényező kisebb értékeinek a összeadódása.

Az értékelő rendszert egy esettanulmányon keresztül, egy tervezett telephelyen feltételezett kibocsátási értékekkel rendelkező szennyező komponensekre mutattam be. Végigkövettem a veszélyességet jelölő szám [W] és a koncentrációtól függő faktor [C] meghatározását, bemutattam a térinformatikai feldolgozás módszerét, majd végül ábrázoltam a kialakított színezési rendszer szerint. A kialakított módszer alapján a következők állapíthatók meg:

Az értékelő rendszer alkalmas tényleges, vagy feltételezett (mért, modellezett) forrásból származó adatok felhasználására, ezért meglévő üzemek környezeti állapotának, annak állandó és időszakos hatásainak (havária), felmérésére; környezeti felülvizsgálatra, valamint tervezett üzemek várható hatásainak vizsgálatára - építkezés, üzemelés és felhagyás során -, azaz környezeti hatásvizsgálatra is.

Egy tervezett üzem, esemény, vagy egy meglévő üzem jövőbeni tevékenységének, eseményének környezeti hatásainak értékelésére kizárólag modellezési eljárások használhatók. Meglévő üzem környezetterheléseinek vizsgálata során a konkrét mérések eredményeit vehetjük figyelembe. Amennyiben mérések nem állnak rendelkezésre, vagy azok nem reprezentatívak, akkor ismételten a modellezés eszközeit használhatjuk fel.

Kiemelt jelentősége lehet egy meglévő veszélyes üzem (ahol konkrét adatok állnak rendelkezésre) feltételezett káreseményeinek a modellezése, ezáltal a meglévő és lehetséges együttes hatásainak az elemzése.

Az esetleges időbeni változások (szennyezőanyag-kibocsátás megszűnése, újabb mérési eredmények, talajvízbe történő szivárgások) nyomon követése is végrehajtható az egyes komponensek, tényezők újraértékelésével, az átlapolások megismétlésével, az IMPACT II index ismételt kiszámolásával, majd a meglévő állapottal való összehasonlítással.

A környezeti elemek változása esetére a rendszer pontosságának, dinamikájának és érzékenységének meghatározására az egyes szennyező komponensek értékeinek és súlyának megváltoztatásával vizsgálatokat végeztem. Mivel az értékelő rendszer alapja a különböző rétegek súlyozott összegzése volt, a rendszer végső pontossága az értékelési műveletek során javult.

A komplex, minden környezeti elemre kiterjedő hatás- és felülvizsgálatoknál az általam kifejlesztett IMPACT II értékelési rendszer számszerűsíthető és összehasonlítható eredményt ad. A minél pontosabb eredmények érdekében törekedni kell arra, hogy az értékelési rendszerhez szükséges összes adat, minden környezeti tényezőre rendelkezésre álljon, a szükséges vizsgálatokkal, feltárásokkal együtt.

Az IMPACT II környezeti hatás értékelési rendszert fejlesztése és bemutatása után egy konkrét esettanulmányra, a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyére alkalmaztam, melynek az eredményei a következők:

A vizsgálat során az üzem három környezeti tényező alapján volt minősíthető. Ezek a levegő, felszíni víz és a zaj voltak. A felszín alatti vízről, talajszennyezésről elmondható, hogy a Társaság üzemszerű működése közben szennyezést nem okozott, ezáltal feltárások és felmérések nem váltak szükségessé. Egyéb tényező specifikációk hiányában nem került meghatározásra. Meg kell jegyezni, hogy kevés az olyan, az értékelés szempontjából „ideálisnak” mondható, üzem, amely az összes környezeti elemmel kapcsolatban van és ezekről, mérésekkel, kibocsátási számításokkal, monitoring rendszer alapján számszerű adatokkal rendelkezik. A komplex, minden környezeti elemre kiterjedő hatás- és felülvizsgálatok során arra kell törekedni, hogy az általam kifejlesztett értékelési rendszerhez szükséges adatok a szükséges vizsgálatokkal, feltárásokkal rendelkezésre álljanak.

A környezeti elemek és együttes hatásaik elemzése a következő eredményeket adta:

A Linde Gáz Magyarország Rt. üzemelése és szállítása levegőszennyező-anyag kibocsátással jár. A tisztító berendezések üzemeltetése, és a hő-, ill. alternatív energia előállításánál során 11 db pontforráson keresztül 6 különféle szennyező anyagot bocsát ki, amelyek a következők.

- | | |
|--------------------|--------------------------------------|
| - szén-monoxid, | - kén-hidrogén, |
| - kén-dioxid, | - összes szénhidrogén kivétel metán, |
| - nitrogén-oxidok, | - szilárd por. |

A vizsgálatok során a vizsgált komponensek a szén-monoxid, nitrogén-oxidok és a nem metán szén-hidrogének voltak. A kén-dioxidot, a kén-hidrogént és a szilárd port azoknak rendkívül csekély volta miatt vizsgálatból kizártam.

A szállítás folyamán szén-monoxid, kén-dioxid, nitrogén-oxidok és szénhidrogének jutnak a környezetbe.

Az emissziós mérési adatok alapján, immisziós modellezést és számításokat végeztem, majd ezekből az eredményekből a szennyező komponensek és a levegő IMPACT II részindexét számoltam. Egyik szennyező komponens esetén sem volt határérték túllépés tapasztalható, a koncentrációs értékek attól messze elmaradtak.

A levegő, mint környezeti elem IMPACT II indexe alacsony, értéke 0,4 alatti, ezáltal a területek a nem vagy az enyhén szennyezett kategóriákba sorolhatók.

A Társaság telephelyének üzemeltése során a felszíni vízfolyást szennyezőanyagokkal terheli. A szennyezőanyag-kibocsátások határértékhez közeli, amelyet a negyedévente elvégzett monitoring mérések is bizonyítanak. A vizsgált komponensek a nitrát-ion, nátrium-ion, kémiai oxigén igény, ammóniumion és a szerves nitrogén voltak.

Bár a vizsgálat során ez a környezeti elem csak kis területet érint (vonalas objektum), mégis nagy a jelentősége, mert az együttes IMPACT II részindex értéke a felszíni vízre 0,74, amely a közepesen szennyezett kategóriába tartozik, és közelít a szennyezett kategóriához.

Az üzem környezeti zajforrásaként a gáztisztítás létesítményeit kell megnevezni, melyek a T-sor, V-sor, valamint az EVAKO telep. További domináns zajforrás az ammóniás hűtés berendezései, az ammónia kompresszorok és a gázmotorok, valamint a szállítás.

Az értékelő rendszerhez szükséges adatokat saját mérések eredményeként kaptam. Elmondható, hogy a zaj által érintett területek jelentős terhelésnek vannak kitéve. Bár lakott területen az üzemelés határérték-túllépést nem eredményez, de értéke ahhoz közeli. A településen átvezető 86. sz. főút mentén jelentős a zajterhelés. Ezt nem kizárólag a Linde szállításai okozzák, hanem az egyéb, intenzív személygépkocsi és tranzit tehergépjármű forgalom.

A zaj mint környezeti elem IMPACT II részindexének értéke megközelíti az 1-et azokon a területeken, ahol az üzem és a forgalom által okozott zaj összeadódik. Ezek a területek a szennyezett kategóriába tartoznak. A 86. sz. út menti közvetlen területek és az üzem területe a közepesen szennyezett kategóriába tartozik.

A felszín alatti víz, a talaj, s egyéb tényezők vizsgálatát rendelkezésre álló adatok hiányában nem tudtam elvégezni. Ez a felszín alatti víz és a talaj szempontjából azt is jelenti, hogy a Linde Gáz Magyarország Rt.-nek nem volt az elmúlt 5-10 év viszonylatában ilyen irányú környezetterhelése, ezért besorolás szempontjából a területet a nem szennyezett kategóriába sorolhatjuk.

A környezeti elemek együttes hatásának jellemzésére az IMPACT II index értéket használtam fel. Általánosságban elmondható, hogy az értékelés által a terület - s ezáltal a Linde Gáz Magyarország Rt. - a nem, enyhén és kis részen a közepesen szennyezett kategóriába esik. A kivezető csatornán tapasztalható közepesen szennyezett területet a felszín feletti víz, levegő és üzemelési zaj együttes előfordulása okozza. Hasonló problémát jelent az üzemelési, közlekedési zaj, valamint a levegőszennyezés együttesen előfordulása az üzem D-i sarkán, illetve a lakott település NY-i felének kis részén fordul elő.

Az egyes tényezők vizsgálata rámutatott arra, hogy elsődlegesen a zaj általi, majd a felszín feletti vizekben okozott terhelést célszerű csökkenteni, mert a terhelést okozó szennyező komponensek értéke határérték közeli. Beavatkozással az ezen területekre vonatkozó IMPACT II index értékei jelentősen csökkenthetők.

A környezeti hatásértékelő rendszer kidolgozása, bemutatása és alkalmazása után a döntéstámogató környezetvédelmi információs rendszerek koncepcionális elemzését

végeztem el, melynek keretében egy döntési eljárás folyamatát mutattam be a már alkalmazott két esettanulmányon: először a tervezett üzemen, majd a Linde Gáz Magyarország Rt. példáján keresztül.

Definíció szerint egy több céllal és több kritériummal rendelkező döntési problémának a megoldását kerestem, térinformatikai eszközökkel. Konkrét céloknak a következőket vettem figyelembe:

- a jogszabályok betartását, azaz biztosítani kell, hogy a védendő területeken határérték feletti szennyezés ne alakuljon ki,
- a fenntartható fejlődés érdekében a környezetszennyezések minimalizálását a gazdasági érdekek figyelembe vételével.

A kritériumok közül korlátot a határértékek jelentettek, a tényezők pedig a szennyező komponensek koncentráció-eloszlásai voltak.

Az eljárás során a határérték feletti területek minkét esettanulmányban lehatárolásra kerültek, majd ezen területek és a védendő objektumok által lehatárolt területek közös részét képeztem.

A gazdasági célok elérésének érdekében először minden egyes környezeti tényezőhöz - a döntéshozó véleményének figyelembe vételével - gazdaságossági súlykiszámítást rendeltem hozzá, majd a rendszer finomítása érdekében, a Linde példáján bemutatva a súlyt a környezeti tényezők helyett a szennyező komponensekhez történt a gazdaságossági súlykiszámítás hozzárendelése.

A gazdaságossági súly és az IMPACT II index kombinálásával (összeszorozásával) elértem, hogy a döntés egyértelműbbé vált, a szubjektivitás csökkent és a megbízhatóság is javult.

A hagyományos térinformatikai rendszerek esetében az adatbázist a vizsgálat előtt korrektnek és a hibahatáron belül lévőnek fogadjuk el. Kemény döntéshozatali feltételrendszeren belül - ún. Boolean algebra segítségével - logikai réteket hozunk létre, és logikai műveleteket hajtunk végre az adatbázisban. Általában ezek az adatbázisok nem képesek visszaadni a döntéshozatali folyamatban az adatbázis térbeli megbízhatóságát, nem tudják kezelni a valószínűségi értékeket.

A Fuzzy térbeli elemzés a Boolean algebrában megismert kétállapotú döntéshozatallal szemben, az emberi gondolkodásnak és az emberi nyelvnek sokkal inkább megfelelő kategóriákat tesz lehetővé, egy folyamatos függvény-megfeleltetés révén, ahol a függvény típusának megfelelően bármelyik pont különböző valószínűségi szinten, de alkalmas az adott válasz állapotának kifejezésére.

Az általam kifejlesztett IMPACT II értékelési rendszer vizsgálatát Fuzzy-logika szerinti megközelítésben is elvégeztem. A módszer során felhasznált adatok a tervezett üzemen és a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyének esettanulmányában bemutatott IMPACT II index környezeti tényezőinek bemenő adatai; a szennyező komponensek térbeli koncentrációs változásai voltak, ezeknek a raszterizált rétegei képezték a Fuzzy-rendszer alrétegeit.

A fuzzyfikáláshoz szükséges függvény kiválasztása után az összes szennyezőanyag koncentráció-eloszlásán az ESRI ArcView Spatial Analyst moduljával elvégeztem a fuzzyfikálási műveletet, amelynek eredményeképpen minden egyes receptorpontra a szennyező anyagok számának megfelelő, a tagsági függvények szerinti $[0,1]$ intervallumba eső tagsági értékek halmazát kaptam.

A maximális szennyezettségi értéket a Fuzzy alrétegeken alkalmazott Fuzzy OR művelettel, az átlagos szennyezettséget a MEAN (arithm) művelettel, és a szennyezőanyagok együttes megjelenési valószínűségét az AND (*) művelettel kaptam meg a [0,1] intervallumba eső értéktartományban. Az eredményeket lineáris vörös színskálán ábrázoltam.

A Fuzzy-logikán alapuló alkalmazás megbízhatóságának vizsgálatát is elvégeztem a bemenő adatok megbízhatósági intervallumára alapozva.

A Fuzzy-módszer előnye, hogy rendkívül gyors, nem korlátozza a bemenő komponensek számát, elkerüli a súlyozásokból és összegzésekből eredő bizonytalanságot, valamint hogy matematikai alapokon nyugszik, így az adatok alapbizonytalanságán kívül más hibákkal nem terhelt.

Alkalmas - nem csak környezeti tényezők, hanem - egyéb, mint például lakossági panaszok, figyelembe vételére.

A kapott eredmények számszerűek, ezáltal a változások vizsgálata az értékek összehasonlításával egyszerűen végrehajtható. (Például az eredményrétegek kivonásával szemléletesen ábrázolható a pozitív és negatív különbség.)

A kialakított IMPACT II környezeti hatásértékelő rendszer és a Fuzzy-logika felhasználásával kapott eredmények összehasonlítására, és az eltérések kritikai elemzésére a két esettanulmányt (tervezett üzem, Linde Gáz Magyarország Rt.), az alkalmazásuk közötti különbségek, s a kapott eredmények matematikai összehasonlításával használtam fel. Az elemzés során az I^I indexet és a Fuzzy-logika OR művelete által kapott értékeit vizsgáltam.

A különböző értéktartományok - I^I index [0,60], a fuzzy eredmény [0,1] - miatt, az I^I index eredményeit a 4.1.4. pontban bemutatott IMPACT skála alapján normalizáltam, majd fuzzyfikáltam.

Az értékek különbségeinek jellemzésére felhasznált matematikai jelzőszámok a szórás (RMS), a terjedelem és a standard deviancia voltak.

Az IMPACT II által meghatározott, és a Fuzzy-logika által is alkalmazott osztályba sorolások - nem szennyezett, enyhén szennyezett, közepesen szennyezett, szennyezett, rendkívül szennyezett - összehasonlítását mind a tervezett üzem, mind a Linde Gáz Magyarország Rt. területén megvizsgáltam. Ehhez segítségül a 4.1.6. fejezetben bemutatott téves osztályba sorolások mátrixának elkészítését, a diagonálisan egyező területek, a véletlen egyezések és a Cohen-féle kappa indexet használtam. Emellett összehasonlító adatokat adtam az egyező területek és a megfelelő osztály arányára, valamint az egyes kategóriák arányára a teljes területre viszonyítva mind az IMPACT II, mind a Fuzzy-logika elvére épülő módszer esetére.

Az osztályba sorolások vizsgálatáról elmondható, hogy a Fuzzy-módszerrel magasabb értékeket kaptam, de ez várható is volt, ugyanis itt a maximális szennyezettséget vizsgáltam.

Az IMPACT II módszer használata során szükség van az értékelő szakértelmére, míg a Fuzzy-logika alkalmazása során csak a komponensek határértéke szükséges, amely figyelembe veszi a szennyező anyagok minőségétől függő hatásokat is.

Elért tudományos eredmények, tézisek

1. A hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintésével módszertani adaptációt és összefoglalót készítettem a térinformatika döntéstámogató lehetőségeiről. Az egyes módszereket kritikailag értékeltem, majd a gyakorlati felhasználásukat és továbbfejlesztési lehetőségeiket vizsgáltam.
2. Az idevágó hazai és nemzetközi szakirodalomra alapozva, a környezeti hatás-, és felülvizsgálatok továbbfejlesztésére egy környezeti, döntéstámogató, hatásértékelő rendszer kidolgozását végeztem el, amely minden ipari terület környezetszennyező hatásainak vizsgálatára könnyen alkalmazható. Az értékelő rendszer az ember és környezet szempontjait komplexen veszi figyelembe. Környezetirányítási rendszerekkel összevonható, ezáltal segítséget nyújt a felső vezetés részére abban, hogy milyen döntéseket szükséges hoznia, milyen beruházásokat szükséges eszközölnie, illetve milyen tevékenységet szükséges végrehajtania a környezetszennyezés csökkentése, megszüntetése érdekében - különösen havária események esetén -, mind az ember, mind a természet érdekeit szem előtt tartva.
Az értékelő rendszert IMPACT II-nek neveztem el, a szennyezettség mértékét, a környezet minőségét meghatározó érték az IMPACT II index (I^II). Segítségével az értékelő rendszer alkalmas tényleges, vagy feltételezett (mért, modellezett) forrásból származó adatok felhasználására, meglévő üzemek környezeti állapotának, annak állandó és időszakos hatásainak (havária), felmérésére, környezeti felülvizsgálatra, valamint tervezett üzemek várható környezeti hatásainak vizsgálatra - kivitelezés, üzemelés és felhagyás során. Az I^II index számszerűsíthető és összehasonlítható korábbi vizsgálatokkal.
3. Módszert dolgoztam ki az I^II indexének számításához szükséges, a szennyező komponens minőségétől függő súly, veszélyességét jelölő szám [W] és a mennyiséggel arányos érték, a koncentrációtól függő faktor [C] meghatározására. A módszer minden anyagra nézve alkalmazható.
4. Elvégeztem a döntéstámogató környezetvédelmi információs rendszerek koncepcionális elemzését, és kialakítottam a döntési célok eléréséhez szükséges eljárásokat a döntési súlyok és az I^II index kombinálásával.
5. Az IMPACT II értékelési rendszerhez felhasznált adatok, és eredmények megbízhatóságának vizsgálatára eljárást alakítottam ki. A környezeti elemek változása esetén a rendszer pontosságának, dinamikájának és érzékenységének meghatározására módszert adtam meg az egyes szennyező komponensek értékeinek és súlyának megváltoztatásával.
6. A Fuzzy-logika elvén algoritmus dolgoztam ki a környezet értékelésére, az információk megbízhatóságának elemzésére a felhasznált adatok megbízhatósági intervallumára alapozva, a döntési mechanizmus megkönnyítésére. A számszerű eredmények segítségével, a változások vizsgálata egyszerűen végrehajtható. Elvégeztem a kialakított IMPACT II értékelő rendszer, és a Fuzzy-logika által kapott eredmények összehasonlítását, és az eredmények, eltérések tudományos elemzését. Megállapítottam, hogy mindkét módszer alkalmas a környezeti hatásértékelésre, eredményükben kis mértékben eltérnek. A fuzzy módszerrel kapott értékek magasabbak voltak, a maximális szennyezettség vizsgálata miatt. Az IMPACT II módszer használata során szükség van az értékelő szakértelmére, figyelembe veszi a szennyező anyagok minőségétől függő

hatásokat is, a Fuzzy-logika alkalmazása során a komponensek határértéke szükséges csupán.

Az IMPACT II értékelő rendszer alkalmazásával tényleges, vagy feltételezett (mért, modellezett) forrásból származó adatok felhasználásával, meglévő üzemek környezeti állapotának, annak állandó és időszakos hatásainak, felmérésével, valamint tervezett üzemek várható hatásainak vizsgálatával kiegészíthetjük, pontosíthatjuk a környezeti felülvizsgálatok és hatásvizsgálatok eredményeit.

Hozzájárul meglévő veszélyes üzemek feltételezett és bekövetkezett káreseményeinek hatásértékeléséhez és elemzéshez, ezáltal lehetőséget adva a káreseményre való felkészülésre, hatásának csökkentésére.

Bízom abban, hogy munkám segíteni fogja a környezeti hatás- és felülvizsgálatok végrehajtását, környezetvédelmi intézkedésekben való gyakorlati alkalmazását, hozzájárul környezetünk állapotának javításához.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom mindazoknak, akik doktori dolgozatom elkészítéséhez segítséget nyújtottak.

Elsőként Dr. Márkus Béla professzor úrnak, a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Főiskolai Kar főigazgatójának, témavezetőmnek szeretném megköszönni, amiért munkámat mindvégig figyelemmel kísérte, a fejlődésemhez szükséges szakmai segítséget nyújtotta, rendelkezésemre bocsátotta a fellelhető szakirodalmakat, és hasznos tanácsokkal látott el.

Köszönet illeti a Linde Gáz Magyarország Rt.-t, Érdi György vezérigazgató urat, Ruisz József urat - aki doktori tanulmányaim megkezdésekor volt műszaki igazgató -, valamint Dancsi Lajos SEQ igazgató urat, hogy a dolgozat elkészítéséhez szükséges anyagi és fizikai háttérrel biztosították, valamint támogatásukért, amivel lehetővé tették számomra, hogy mindennapi munkám mellett tudományos tevékenységet folytassak.

Köszönetemet fejezem ki a Nyugat-Magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola jelenlegi és volt vezetőjének, az Erdőmérnöki Kar mindenkoros Dékánjának, hogy lehetőséget kaptam PhD tanulmányaim elvégzéséhez.

Dr. Füle László, a földtudomány kandidátusa és Magyar Imre okleveles vegyészmérnök, környezetvédelmi szakmérnök még egyetemi hallgatóként ismertettek meg a térinformatika, annak környezetvédelmi alkalmazási lehetőségeinek témakörével a Veszprémi Egyetem Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszékén, majd diplomám témavezetőiként segítettek tovább fejlődésemet. A térinformatika, az ArcView megismeréséért, szennyezésterjedési folyamatok megértéséért, a rengeteg új ötletért és ennek a tudományágnak a megszerettetéséért szeretnék köszönetet mondani.

Szeretném megköszönni dr. Dömsödi János a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Főiskolai Kar egyetemi docensnek, a Szent István Egyetem Környezettudományi Doktori Iskola tagjának az dolgozat elkészítéséhez nyújtott segítő tanácsait és javító észrevételeit.

Külön köszönet illeti dr. Czimber Kornél PhD egyetemi docenst a Fuzzy-logika megértéséhez nyújtott segítségéért, az irányomban mutatott türelméért és segítőkészségéért.

Szeretnék köszönetet mondani a Nyugat-Magyarországi Egyetem oktatóinak, akik a PhD tanulmányaim alatt új ötletekkel, és átfogó szemlélettel ismertettek meg, valamint a doktori iskola munkatársainak, akik a formai dolgok levezényléséhez nyújtottak hathatós segítséget.

Köszönöm kollegáimnak és barátaimnak azt a sok segítséget, amivel támogattak és átsegítettek a holtponatokon.

Utoljára de semmiképp nem utolsósorban köszönöm családom támogatását, szüleim és kedvesem türelmét, akik mindig kitartottak mellettem, és együtt örültek apró sikereimnek.

A kutatás témakörében készített publikációk jegyzéke

Publikációk

- **Bogdán O.** (1995): Veszprém belvárosának forgalom- és zajterhelése. TDK-dolgozat Veszprémi Egyetem, Kémiai Technológia Tanszék. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1995): Veszprém város forgalom- és zajterhelése. Nemzetközi környezetvédelmi ifjúsági konferencia. Konferencia kiadványfüzet (24-31 old.). Mezőtúr.
- **Bogdán O.** (1995): Report on GIS practise in surface modelling. Jelentés a Leobeni Bányászati Egyetemen töltött tanulmányútról. Institute für Technische Ökosystemanalyse, Montanuniversität Leoben, Ausztria.
- **Bogdán O.** (1996): Studies on air pollutant impact on crop plants. jelentés az Ausztriai Kutató központban, töltött tanulmányútról. Austrian Research Centre Seibersdorf, Austria.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. 3. Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás. Konferencia kiadványfüzet. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. VI. Térinformatika a Felsőoktatásban Szimpózium konferencia. Székesfehérvár. Konferencia kiadványfüzet.
- **Bogdán O.** (2000): A faipar környezetvédelmi problémái és környezetvédelmi beruházásai. Ligno-Novum Faipari Szakkiállítás. Sopron.
- **Bogdán O. Füle L., Magyar I., Mógor E.** (2000): A LINDE GÁZ MAGYARORSZÁG RT: térképalapú környezetvédelmi információs rendszere. Geomatikai közlemények III, 265-272. Sopron.
- **Bogdán O.** (2001): A „linfo” avagy környezetvédelmi feladatok és a számítógép. Geográfus Doktoranduszok VI. Országos Konferenciája. Konferencia kiadványfüzet. Pécs.
- **Bogdán O.** (2004): A döntéstámogatás térinformatikai eszközei. Gisopen Országos Konferencia. Konferencia kiadvány CD. Székesfehérvár.
- **Bogdán O.** (2004): A döntéstámogatás térinformatikai eszközei, Országos Térinformatikai Konferencia. Konferencia kiadvány CD. Szolnok.

Előadás

- **Bogdán O.** (1995): Veszprém forgalom- és zajterhelése, TDK-dolgozat, Veszprémi Egyetem, Kémiai Technológia Tanszék. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1995): Veszprém város forgalom- és zajterhelése. Nemzetközi környezetvédelmi ifjúsági konferencia. Mezőtúr.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. 3. Veszprémi környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. Veszprémi Informatikai Napok. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. VI. Térinformatika a Felsőoktatásban Szimpózium. Székesfehérvár.
- **Bogdán O.** (2000): A faipar környezetvédelmi problémái és környezetvédelmi beruházásai. Ligno-Novum Faipari szakkiállítás. Sopron.
- **Bogdán O.** (2001): A „linfo” avagy környezetvédelmi feladatok és a számítógép. Geográfus Doktoranduszok VI. Országos Konferenciája. Pécs.
- **Bogdán O.** (2004): A döntéstámogatás térinformatikai eszközei. Gisopen Országos Konferencia. Székesfehérvár.
- **Bogdán O.** (2004): A döntéstámogatás térinformatikai eszközei. Országos Térinformatikai Konferencia. Szolnok.

Poszter

- **Bogdán O.** (1995): Veszprém forgalom- és zajterhelése. TDK-dolgozat. Veszprémi Egyetem, Kémiai Technológia Tanszék. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1995): Veszprém város forgalom- és zajterhelése. Nemzetközi környezetvédelmi ifjúsági konferencia. Mezőtúr.

Irodalomjegyzék

1. ADR-RID: Veszélyes anyagok közúti, vasúti és vízi szállításának szabályai 2003
2. ALCAMO, J. et al., (1984): Acid Rain in Europe: a Framework of Assist Decision Making. WP-84-32. IIASA, Laxenburg.
3. ALLER, L. et al. (1985): DRASTIC: a standard system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic setting. Rpt. No. EPA/600/2-85/018, Ada, OK: U.S. Environmental Protection Agency, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory.
4. ALONSO, W. (1968): Predicting best with imperfect data, Journal of the American Institute of Planners, 34.
5. APSIMON, H. M., WLLSON, J.J., (1986): Preliminary Analysis of Dispersion of the Chernobyl Release. Imperial College, London.
6. APSIMON, H. M., (1985): Long-range Atmospheric Dispersion of Radioisotopes. The MESOS model. Atmospheric Environment, 19. 1.
7. ARC/INFO Command references (1991): Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA USA.
8. ARC/INFO Maps (1991-1992): ESRI, USA.
9. BÁCSATYAI L., BÁNKY J., CZIMBER K., KIRÁLY G. (1998): Budapest X. kerület környezeti állapotfelmérése. Kutatási jelentés. EFE Sopron. 35 p.
10. BAILEY, J., WARD, B. (1996): Using GIS as an environmental management tool.
11. BAKUCZ P. - BME (1992)Vízgazdálkodási Tanszék: A felszín alatti vizek és a GIS. Budapest.
12. BARSÍ Á. (2001): Felszínborítottság térképezése neuro-fuzzy módszerrel GIS-környezetben.
13. BATTY, M., DENSHAM, P. J. (1996): Decision Support, GIS, and Urban Planning.
14. BEAR, J., VERRUIJT, A. (1987): Modelling Groundwater Flow and Pollution, D. Reidel Publ.Co., p. 153-158., 225-284.
15. BELLMAN, R. R., GIERTZ, M. (1973): On the analytical formalism of the theory of fuzzy sets, Information Sciences 5. 149-156.
16. BIER, V.M. (1992): Fuzzy set theory, probability theory, and truth functionality, in: Ayyub B. M., Gubta, M. M. Canal, L.N. (Eds.) analysis and management of Uncertainty: theory and application, Elsevier Science publ. 65-78.
17. BOGDÁN O. (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. Diplomadolgozat. Veszprémi Egyetem.
18. BOSANQUET, C. H. - PEARSON, J. L., (1936): The spread of smokes and gases from chimneys. Trans. Faraday Society, 32. p. 1249.
19. BURROUGH, P. A. (1986): Principles of geographical information systems for land resources assessment. Pulbs. Oxford: Clarandon press.
20. CALDER, K. L., (1949): Eddy Diffusion and Evaporation in Flow over Aerodynamically Smooth and Rough Surfaces. Quarterly J . of Mechanics and Applied Mathematics, II. 153.

21. CARVER, S. J. (1991): Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of geographical information systems*. 5.3. 321-339.
22. COOLEY, L. (1989): The Logical Framework. *Entrepreneurial Economy Review*, July, 1989. USA. P 8-15.
23. CSABINA Z., DETREKŐI Á., MÁRKUS B. (1998): Térinformatikai menedzsment, DLG jegyzet, SE FFFK, Székesfehérvár.
24. CSANÁDY G. T. (1973): *Turbulent Diffusion in the Environment*, D.Reidel Publ. Co. Dordrecht, 248.p. Boston.
25. DELY F. (2000): Döntéstámogatás térinformatikai alapokon - GIS OPEN 2001 Térinformatikai konferencia. Székesfehérvár.
26. DETREKŐI Á., SZABÓ GY. (1995): Bevezetés a térinformatikába. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest.
27. DETREKŐI Á. (1991): Kiegyenlítő számítások. Tankönyvkiadó. Budapest.
28. DETREKŐI, Á. (1992): Térinformatika és az elsődleges adatnyerés. *Geodézia és Kartográfia* 44. 340-343. Budapest.
29. DETREKŐI Á. (1994): Data quality management in GIS systems, *Computers, Environment and Urban System* Pergamen Press, New York, Oxford 18. 81-86.
30. DIAMOND, J. T., WRIGHT, J. R. (1988): Design of an integrated spatial information systems for multiobjective land-use planning. *Environment and planning, planning and design*, 15. 205-214.
31. DOERFLIGER, N., JEANNIN, P.-Y., ZWAHLEN, F. (1999): Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of difining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method), *Environmental Geology*.
32. EASTMAN, J. R., KYEM, P., TOLEDANO, J., JIN, W. (1993): UNITAR Exploration in GIS Technology, GIS and Decision Making.
33. FAO (1976): A framework for land evaluation. *Soils Bulletin* 32. (Rome: Food and Agricultural Organisation of the United Nations).
34. FEDRA, K. AND DIERSCH, H.J. (1989): Interactive groundwater modelling: color graphics, ICAD and AI. *Proceedings of International Symposium on Groundwater Management: Quantity and Quality*. Benidorm, Spain October 2-5, 1989. IAHS Publication No 188, pp. 305-320.
35. FEDRA, K., FEOLI, E. (1998): GIS technology and spatial analysis in coastal zone management.
36. FEDRA, K. (1996): ECOSIM An Urban Environmental Management Information System
37. FEKETÉNÉ NÁRAL K. (1987): A légköri savas vegyületek országos léptékű transzmissziója. Kandidátusi értekezés. Budapest.
38. FIERING, B.R. (1986): Linear programming: An introdustion. *Qualitative applications in the social sciences*, 60. London.
39. FILEP GY. (1988): Talajkémia, pp. 48-49., pp. 118-120. Akadémiai Kiadó, Budapest
40. FISHER, P.F. (1991): First experiments in viewsed uncertainty. The accuracy of the viewshed area. *Photogrammetric engineering and remotesensing* 57. 10. 1321-1327.
41. FREEZE, R.A., CHERRY, J.A. (1979): *Groundwater*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
42. FÜLE L. (1997): A DRASTIC sérülékenységi értékelés alkalmazhatósága a magyarországi víztartó rendszerek védelmében - Földtani Kutatás. Budapest.

43. FÜLE L. (1997): A földrajzi információs rendszerek alkalmazási példái a földtudományok területén, Földtani közlöny 126/2-3, 287-312. Akadémiai Kiadó. Budapest.
44. FÜLE L. (1997): Vízartók térinformatikai adatbázison alapuló sérülékenységi vizsgálata Balatonfüzfő térségében – Kandidátusi értekezés. Veszprém.
45. GAÁL Z. (1989): A döntéshozatal alapjai, Veszprémi Egyetem, jegyzet.
46. GÁCS I., BODNÁR I. (1994): Levegőszennyező anyagok terjedésének modellezése. ERŐTERV Közlemények 32. p.54.-63. Budapest.
47. GÁCS I., KATONA Z. (1998): Környezetvédelem. (Energetika és levegőkörnyezet) Műegyetemi Kiadó, Budapest.
48. GÁCS I. (1988): Energetikai levegőszennyezés matematikai modellezése. Kandidátusi értekezés. Budapest.
49. GILES, R. (1976): Locasiewicz logic and fuzzy theory, International Journal math. stud. 8. 313-327.
50. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals. United Nations Publication 2003
51. GOODCHILD, M.F, GOPAL, S. (1989): Accuracy of spatial databases, publs. Taylor and Francis, London.
52. GUPTA, S.K., PANDEY, R.N. (1980): The Leaching Efficiency Criterion and its Evaluation during Reclamation of Saline Soils Proc. of Int'l. Symp. on Salt Affected Soils, Karnal (India) pp.300-306.
53. Hommel (1990): Veszélyes anyagok 1-7. Műszaki könyvkiadó Budapest
54. IGNISIO, J.P. (1985): Introduction to linear goal programming, qualitative applications in the social sciences, 56. London.
55. JANKOWSKI, P. (Univeristy of Idaho), NYERGES, T. (University of Washington) (2001): GIS for Group Decision Making .
56. JIANG, B. (1996): Fuzzy overlay analisis and visualization in geographic information systems. The Netherlands. 15-27. Utrecht.
57. JOHANYÁK ZS. CS., KOVÁCS SZ. (2004): A fuzzy tagsági függvény megválasztásáról - A GAMF Közleményei, XIX. évfolyam. Kecskemét.
58. JOHANYÁK ZS. CS. (2004): Fuzzy-logika – oktatási segédlet.
59. KERTÉSZ Á. (1997): A térinformatika és alkalmazásai, Holnap kiadó. Budapest.
60. KINZELBACH, W. (1986): Groundwater Modelling (An Introduction with Sample Programs in BASIC), Elsevier.
61. KOLLÁNYI L., PRAJCZER T. (1995): Térinformatika a gyakorlatban. Budapest.
62. Kovács B. (2003): A hidrodinamikai modellezés elméleti alapjai és gyakorlata a Processing Modflow for Windows (PMWIN) környezetben. –Kutatási jelentés. pp. 143.
63. KOVÁCS B., SZABÓ I. (1995): A szennyezőanyagok terjedése. - "Ipar a környezetért" Alapítvány, Budapest.
64. KOVÁCS G., DORMÁNY G. (1996): Levegőminőség menedzsment GIS-szel Ajka példáján. JATE Szeged.
65. Környezetvédelmi Lexikon - 1993. Akadémiai Kiadó Budapest.
66. MACQUIRE, D. J., GOODCHILD, M. AND D. W. RHIND (eds.) (1991): Geographic Information Systems (Volumes 1 and 2).

67. MAGYAR I. (1995): Térinformatika környezeti menedzsereknek. - Kézirat, VE Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék, Veszprém.
68. MÁRKUS B. (1994): Az NCGIA CORE CURRICULUM honosítása - TTC projekt – Országos Térinformatikai Konferencia.
69. MÁRKUS B. (szerk.) (1994): Térinformatikai alapismeretek. NCGIA Core Curriculum. Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezési Kar. Székesfehérvár.
70. MÁRKUS B. (1997): Decision support and error handling in GIS environment, Multi criteria decision making in GIS. Sopron.
71. MÁRKUS I., KIRÁLY G. (1999): A "Fertő-Hanság Nemzeti Park és a Szigetközi Tájvédelmi Körzet földrajzi információs rendszere kifejlesztése" Phare CBC projekt jelentősége az oktatásban. Sopron
72. MARUSICH, L. J., WILKINSON, P. F. (2001): The Application of Fuzzy Logic Analysis to Assessing the Significance of Environmental Impacts: Case Studies from Mexico and Canada.
73. NAGY Á., RÉVÉSZ T., SZABADOS M. I. (2002): Fővárosi Környezetvédelmi Információs Rendszer, Térinformatika. Budapest.
74. NÉMETH N. (2000): Egy bükki karsztos vízbázis EPIK módszerrel végzett sérülékenységi térképezésének tapasztalatai, Földtani kutatás 38. Évfolyam 1. szám. Budapest.
75. OGATA, A., BANKS, R.B. (1961): A Solution of Differential Equation of Longitudinal Dispersion in Porous Media, US Geological Survey Professional Paper, 411-A., US. Government Printing Office, Washington.
76. OGATA, A. (1970): Theory of Dispersion in Granular Medium, US Geological Survey Professional Paper, 411-I., US. Government Printing Office, Washington.
77. PAINHO, M., SENA, R., CABRAL, P. (2000): (New University of Lisbon): GIS in Environmental Decision Making Development of Environmental Applications with MapObjects.
78. RÁDAI L. (2000): Mesterséges intelligencia alapjai - Oktatási segédlet (kiegészítés a Fuzzy-rendszerek gyakorlathoz) a MI alapjai.
79. RAHEJA, N. (2002): GIS-based Software Applications for Environmental Risk Management.
80. RAO, M., SASTRY, S. V. C., YADAR, P. D., KHAROD, K., PATHAN, S. K., DHINWA, P. S., MAJUMDAR, K. L., SAMPAT K. D., PATKAR, V. N., PHATAK, V. K. (1991): A weighted index model for urban suitability assessment - a GIS approach India, Bombay.
81. REMETÉY G., FEKETE J., MÁRKUS B., MIHÁLY SZ., SZABÓ SZ. (1993): A térinformatika és alkalmazásai OMFB 9-9102. Budapest.
82. REY, U., JÜRGENS, G., WELLER, A. (1998): Üzemi környezeti információs rendszerek, Umwelt Bd.
83. ROSENTHAL, R. E. (1981): Concepts, theory and techniques: principals of multiobjective optimization. Decision Sciences, 16. Vol. 2. 133-152.
84. SAATY, T.L. (1997): A scaling method for priorities in hierarchical structures. J. Math. Psychology. 15. 234-281.
85. SÁRKÖZY F. (2001): A GIS adatmodell harmadik évtizede, Geomatikai közlemények IV. Budapest.

86. SCHERMA1, S., BOLIVAR, S., DORRIES, A., NASSER K. (2002): Environmental Decision Making: Integrating Analytical and GIS Data.
87. SLADE, D. H. (1968): Meteorology and Atomic Energy. USAEC, Washington.
88. Southern Nevada - The Bureau of Land Management: (2004) GIS-based Environmental Impact Analysis and Decision Support System: Making Decisions Faster and Eliminating Process Duplication.
89. STOMS, D. (1987): Reasoning with uncertainty in intelligent geographic information systems, Proceedings, GIS'87, 692-700.
90. SUTTON, O.G., (1953): Micrometeorology. McGraw Hill, London.
91. SZABÓ A. (1999): Debrecen város felszíni vizeinek vízminőségi állapota – GIS Open. Székesfehérvár.
92. SZALAY T. (2001): Korszerű jelfeldolgozási és döntési módszerek a gyártócellák állapotfelügyeletében - Doktori értekezés (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem). Budapest.
93. SZEPESI D., POPOVICS M., FEKETE K. (1982): A légköri kén nagytávolságú transzmissziója. OMSz Hivatalos Kiadványai LII. Budapest.
94. SZEPESI D. J. (1989): Compendium of Regulatory Air Quality Simulation Models. Akadémiai Kiadó, Budapest.
95. TAMÁS J. (1997): Térinformatika és környezeti modellezés. Debrecen
96. TAMÁS J., LÉNÁRT CS. - (1996): Térinformatikai módszer alkalmazása a talajkörnyezet modellezésében. Debreceni Agrártudományi Egyetem. Debrecen.
97. TAMÁS J. (2000): Térinformatika I-II, Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi kar, jegyzet. Debrecen.
98. TANAKA, T., Masakazu Moriyama Kobe University, Japan (2004): Application of GIS to make 'urban environmental climate map' for urban planning.
99. TÓZSA, I. (1991): A környezetvédelem hídfőállásai - Műhely, MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest.
100. TÓZSA I. (2001): A térinformatika alkalmazása a természeti és humán erőforrás gazdálkodásban, Aula kiadó Budapest.
101. TÓZSA I. (1994): Egészségügyi környezetinformációs rendszer Budapesten - Földrajzi Értesítő XLIII. évf, 3-4. füzet, pp 351-363. Budapest.
102. TÓZSA I. (1996): Városföldrajzi térinformációs rendszer alkalmazása ferencvárosi teszterületen - Földrajzi Értesítő XLV. évf, 1-2. füzet, pp 55-72. Budapest.
103. Understanding GIS. The ARC/INFO Method. (1990) - Environmental Systems Research Institute, Inc. - Redlands, CA USA.
104. VOOGD, H. (1983): Multi-criteria evaluation for urban and regional planning. London: Pion Ltd.
105. ZADEH, L.A. (1965): Fuzzy sets, Inform. and Control 8 pp. 338-35.

Jogszabályok:

A 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól

20/2001. (II. 14.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálatról

193/2001. (X. 19.) Korm. rendelet az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályairól

219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről
220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól
12/1996. (VII. 4.) KTM rendelet a környezetvédelmi felülvizsgálat végzéséhez szükséges szakmai feltételekről és a feljogosítás módjáról, valamint a felülvizsgálat dokumentációjának tartalmi követelményeiről
10/2000. (VI. 2.) KÖM-EÜM-FVM-KHVM együttes rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről
44/2000. (XII. 27.) EüM rendelet a veszélyes anyagokkal és a veszélyes készítményekkel kapcsolatos egyes eljárások, illetve tevékenységek részletes szabályairól
8/2002. (III. 22.) KÖM-EüM együttes rendelet a zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
9/2002. (III. 22.) KÖM-KöViM együttes rendelet a használt és szennyvizek kibocsátási határértékeiről és alkalmazásuk szabályairól
4/2004. (IV. 7.) KvVM-ESzCsM-FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 14/2001. (V. 9.) KÖM-EüM-FVM együttes rendelet módosításáról
8004-8006/2000 EüM tájékoztató EU-ban osztályozott veszélyes anyagok jegyzékéről

Szabványok:

MSZ 18150-1: 1998 A környezeti zaj vizsgálata és értékelése című szabvány.
MSZ 21459-1 : 1981 Légszennyező anyagok transzmissziójának meghatározása. Pontforrás szennyező hatásának számítása című szabvány
MSZ 21459-3 : 1981 Légszennyező anyagok transzmissziójának meghatározása. Több és összetett forrás szennyező hatásának számítása című szabvány
MSZ 21457-4 : 2002 Légszennyező anyagok terjedésének meteorológiai jellemzői. 4. rész: A felszín közeli légréteg dinamikai jellemzőinek kiszámítása mértékadó meteorológiai adatokból című szabvány
MSZ 15036: 2002 Hangterjedés a szabadban című szabvány
MSZ-13-111:1985 Üzemek és építkezések zajkibocsátásának vizsgálata és a zajkibocsátási határértékek meghatározása című szabvány
MSZ EN ISO 14001:1997 Környezetközpontú irányítási rendszerek. Követelmények és alkalmazási irányelvek (ISO 14001:1996)

ÚT 2-1.302 Útügyi Műszaki leírás, Közlekedési zaj számításáról szóló rendelkezés

Mellékletek jegyzéke

1. melléklet. *Ábrajegyzék*
2. melléklet. *Táblázatjegyzék*
3. melléklet. *Döntéshozatali terminológia Rosenthal szerint*
4. melléklet. *Hommel féle veszélyt jelölő számokhoz történő besorolás*
5. melléklet. *Átlapolási műveletek logikája*
6. melléklet. *Répcelak földrajzi elhelyezkedése*
7. melléklet. *A Linde Gáz Magyarország Rt. földrajzi elhelyezkedése*
8. melléklet. *A légszennyező pontforrások elhelyezkedése*
9. melléklet. *A szén-monoxid koncentráció eloszlása*
10. melléklet. *A szén-monoxid koncentrációtól függő faktora*
11. melléklet. *A kén-dioxid koncentráció eloszlása*
12. melléklet. *A kén-dioxid koncentrációtól függő faktora*
13. melléklet. *A nitrogén-oxidok koncentráció eloszlása*
14. melléklet. *A nitrogén-oxidok koncentrációtól függő faktora*
15. melléklet. *A nem metán szén-hidrogének koncentráció eloszlása*
16. melléklet. *A nem metán szén-hidrogének koncentrációtól függő faktora*
17. melléklet. *A levegő, mint környezeti elem, IMPACT II részindexe*
18. melléklet. *A víz, mint környezeti elem, IMPACT II részindexe*
19. melléklet. *A zajmérés pontok elhelyezkedése*
20. melléklet. *Az üzemelésből származó zajterhelés*
21. melléklet. *Az üzemelésből származó zajterhelés eloszlási faktora*
22. melléklet. *A közlekedésből származó zajterhelés*
23. melléklet. *A közlekedésből származó zajterhelés eloszlási faktora*
24. melléklet. *A zaj, mint környezeti elem, IMPACT II részindexe*
25. melléklet. *A szennyező komponensek veszélyt jelölő számainak meghatározása*
26. melléklet. *Az értékelés során vizsgált szennyező anyagok és környezeti tényezők*
27. melléklet. *A Linde Gáz Magyarország Rt. IMPACT II indexe*

1. melléklet. Ábrajegyzék

1. ábra. A döntési szintek és feladatok kapcsolata (Detrekői – Szabó 1995).....	11
2. ábra. Az átlapolási műveletek szemléltetése (Magyar 1995).....	12
3. ábra. A tematikus térképek átlapolási műveletei.....	13
4. ábra. Térinformatikával támogatott döntési folyamat szemléltetése.....	15
5. ábra. A döntési variációk szemléltetése.....	16
6. ábra. A kompromisszumos döntések lehetőségei (Tamás 1997).....	19
7. ábra. Tornádó útmodellező rendszer szemléltetése.....	25
8. ábra. A füstfáklya helyzete a koordinátarendszerben (Gács - Katona 1998).....	30
9. ábra. Az elemi térrész szennyezőanyag-mérlege (Kovács 2003).....	41
10. ábra. Állandó forrás okozta szennyezőanyag-eloszlás (Kovács 2003).....	44
11. ábra. A telítődési görbe szemléltetése.....	51
12. ábra. A szennyező anyagok térbeli koncentráció eloszlásának a színezési rendszere.....	53
13. ábra. A kategóriák színezési rendszere.....	53
14. ábra. A telephely elhelyezkedése.....	55
15. ábra. A CO koncentráció eloszlása.....	56
16. ábra. Az NO _x koncentráció eloszlása.....	56
17. ábra. CO attribútum táblázat és az IMPACT II részindex számítása.....	57
18. ábra. A CO szennyező IMPACT II részindexe.....	57
19. ábra. Az NO _x szennyező IMPACT II részindexe.....	57
20. ábra. A CO+NO _x szennyezők együttes attribútum táblája.....	58
21. ábra. A levegő környezeti tényezőjének átlapoló térképe.....	59
22. ábra. A NO ₃ koncentráció eloszlása.....	60
23. ábra. A NO ₃ szennyező IMPACT II részindexe.....	60
24. ábra. A zajterhelés eloszlása.....	61
25. ábra. A zajterhelés IMPACT II részindexe.....	61
26. ábra. A CH eloszlása felszín alatti vízben.....	62
27. ábra. A CH szennyező IMPACT II részindexe.....	62
28. ábra. A talajszennyezés elhelyezkedése.....	63
29. ábra. A talajszennyezés IMPACT II részindexe.....	63
30. ábra. Az ökológiai felmérés eredménye.....	64
31. ábra. Az ökológiai pusztulás IMPACT II részindexe.....	64
32. ábra. IMPACT II eredménytérkép kontúrokkal és anélkül.....	67
33. ábra. Az NO _x koncentrációjának módosításával kapott IMPACT II index.....	69
34. ábra. Az eredeti IMPACT II index értéke.....	69
35. ábra. IMPACT II érzékenysége az NO _x koncentráció változására.....	70
36. ábra. Az NO _x koncentrációjának módosításával kapott IMPACT II index.....	70
37. ábra. IMPACT II index érzékenysége az NO _x veszélyességi súlyának változására.....	70
38. ábra. Az uralkodó szélirányok Répcelak területén.....	75

39. ábra. A határérték feletti területek.....	86
40. ábra. Védendő objektumoknál mérhető határérték túllépés.....	86
41. ábra. Beavatkozási területek gazdaságosság szerint.....	87
42. ábra. Gazdaságosan és mindenképp beavatkozást igénylő területek.....	87
43. ábra. Határérték feletti területek.....	88
44. ábra. Beavatkozási területek gazdaságosság szerint.....	88
45. ábra. Beavatkozási területek szennyező komponensek gazdaságossága szerint.....	89
46. ábra. Beavatkozási területek tényezők gazdaságossága szerint, IMPACT II értékkel súlyozva.....	89
47. ábra. Szigmoid és lineáris tagsági függvények (Johonyák, 2004).....	91
48. ábra. A Boolean-logika működése.....	91
49. ábra. A Fuzzy-logika működése.....	92
50. ábra. A NOx koncentráció eloszlás fuzzyfikálás előtt és után.....	93
51. ábra. Az alkalmazott vörös színskála és a Fuzzy-értékek.....	94
52. ábra. A Map Calculátor használata.....	94
53. ábra. Maximális szennyezettség szemléltetése.....	94
54. ábra. Az átlagos szennyezettség MEAN művelettel.....	95
55. ábra. Szennyezőanyagok együttes előfordulási valószínűsége.....	95
56. ábra. A Linde maximális szennyezettsége OR művelettel.....	96
57. ábra. A Linde átlagos szennyezettsége MEAN művelettel.....	96
58. ábra. A tervezett üzem I^H index rasztere.....	100
59. ábra. A Fuzzy OR művelet eredményének rasztere.....	100
60. ábra. Az IMPACT II és a FUZZY OR „terjedelme”.....	101
61. ábra. Az IMPACT II és a FUZZY OR standard devianciája.....	101
62. ábra. A Linde I^H index rasztere.....	102
63. ábra. A Linde maximális szennyezettsége fuzzy OR művelettel.....	102
64. ábra. Az IMPACT II és a FUZZY OR réteg „terjedelme” a Linde esetében.....	102
65. ábra. A Linde IMPACT II indexének és a FUZZY OR réteg standard devianciája.....	102

2. melléklet. Táblázatjegyzék

1. táblázat. A térbeli elemzés kérdései.....	10
2. táblázat. Forgalmi járműkategóriák az ÚT 2-1.302 szerint.....	36
3. táblázat. Az anyagi tulajdonságok és a veszélyt jelző számok kapcsolata.....	49
4. táblázat. A térképek színezéséhez szükséges értékek és kategóriák.....	54
5. táblázat. A levegőszennyező pontforrás kibocsátási adatai.....	55
6. táblázat. A levegőszennyező anyagok koncentrációja és a hozzárendelt IMPACT II részindex.....	57
7. táblázat. A Nitrát mérési eredmények felszíni vízben.....	59
8. táblázat. A NO ₃ koncentrációk és hozzárendelt IMPACT II részindexek.....	60
9. táblázat. Zajterhelések a távolság függvényében.....	61
10. táblázat. A CH szennyezés eloszlása és a hozzátartozó IMPACT II részindex.....	63
11. táblázat. A szennyezőanyagok veszélyességét jelölő számának meghatározása.....	65
12. táblázat. Az értékelés során vizsgált szennyező anyagok és környezeti tényezők.....	66
13. táblázat. A térképek színezéséhez szükséges értékek és kategóriák.....	67
14. táblázat. A légszennyező anyagok és emissziójuk.....	74
15. táblázat. A pontforrások paraméterei.....	76
16. táblázat. A bekötőút emissziói.....	77
17. táblázat. A 86. sz. út emissziói.....	77
18. táblázat. A számított immisziós értékek.....	78
19. táblázat. A felszíni vízszennyező anyagok és koncentrációjuk.....	79
20. táblázat. A Linde Gáz Magyarország Rt. zajforrásai.....	80
21. táblázat. A bekötő és a 86. sz. főút forgalma.....	82
22. táblázat. A döntési mátrix bemutatása.....	87
23. táblázat. Linde döntési mátrix.....	88
24. táblázat. módosított Linde döntési mátrix.....	88
25. táblázat. A megbízhatósági intervallum számítása.....	97
26. táblázat. A tervezett üzem elemzésének téves osztályokba sorolási mátrixa.....	103
27. táblázat. A Linde Gáz Magyarország Rt. elemzésének téves osztályokba sorolási mátrixa.....	103
28. táblázat. A Cohen-féle kappa index értékei.....	103
29. táblázat. Az egyező területek és a hozzátartozó osztályok aránya.....	104
30. táblázat. Az egyes osztályok és a teljes terület aránya.....	104

3. melléklet. *Döntéshozatali terminológia Rosenthal szerint*

Döntés. Valamilyen alternatíva közti választást jelent, ez az alternatíva jelenthet egyfajta cselekvési sorozatot, döntési feltételrendszert stb.

Döntési kritérium. Ez a döntés mérésének és értékelésének az alapja. Ez a kritérium két típust foglal magába: a döntési tényezőket (faktor) és a döntési korlátokat (kényszer).

Döntési tényezők. A döntési tényezők olyan döntési kritériumok, amelyek fokozzák vagy csökkentik egy speciális döntési alternatíva hatását. Ezeket a döntési tényezőket a szakirodalomban döntési változóként (Fiering 1986) vagy strukturális változóként (Ignisio 1985) ismerik.

Döntési korlátok. A döntési korlátok határfeltételként szolgálnak az egyes alternatívák figyelembevételkor. A legtöbb esetben a döntési korlátok a logikai (Boolean) térképek esetében “ ” értékkel kódolják, míg a döntési korlát alá nem eső területeket “1”-es értékkel. Mivel a döntési korlátok a teljes döntési folyamatot befolyásolják, így gyakran ezt döntési céloknak is szokták hívni.

Döntési szabályok. Azt a folyamatot nevezzük döntési szabályoknak, amelyben az egyes döntési kritériumokat kombináljuk annak érdekében, hogy a döntési célt elérjük. Ez a döntési cél lehet egy egyszerű döntési küszöbnek a felállítása az egyszerű döntési kritérium esetében (ilyen például, ha figyelembe kell venni az utak 1 km-es védőtávolságát). Lehet összetett döntési cél, ahol számos döntési tényezőt és korlátot kell egyszerre értékelni, illetve több célú összetett döntési rendszer, ahol számos tényezőt és több döntési célt kell valamilyen összehasonlító rendszerben kiértékelni és a döntési alternatívát megtalálni.

Általában két döntési szabályt alkalmaznak; az egyik a funkciós döntés, ahol matematikai eljárásokkal hasonlítják össze a döntési alternatívákat, leggyakrabban maximalizálást vagy minimalizálást használva, további általános eljárás itt az osztályozás.

A másik döntési szabály a heurisztikus választás, ahol valamilyen döntési funkciót követnek. Leggyakrabban elterjedt a válogatási eljárás alkalmazása. Ez utóbbi használata a térinformatikai döntéstámogató rendszerekben általánosan elterjedt.

A döntés tárgya. A döntési szabályok szerkezetét a döntés tárgya határozza meg. A döntés tárgya mintegy perspektívát ad a döntési szabályoknak, amelyben általánosan megfogalmazzák a döntési célokat. Ezek a célok mintegy irányítúként vezérlik a döntési szabályok struktúráját.

Értékelés. Az alkalmazott döntési szabályok aktuális folyamatát hívjuk értékelésnek.

Több tényezős értékelés. Egy speciális döntési cél érdekében értékelünk több döntési feltételt, ezt az eljárást gyakran modellezésnek is hívják. A leggyakrabban két eljárást használnak: a súlyozott lineáris kombináció, illetve egyéni eltérések elemzése (Voogd 1983; Carver 1991). A súlyozott lineáris kombináció a térinformatikai alkalmazásokban viszonylag elterjedtebb, mint az utóbb említett eljárás.

Több célú értékelés. A legtöbb döntéshozatali eljárás során egy döntési célt, egy döntési tárgyat kell kielégíteni a döntés meghozatalakor. Számtalanszor előfordulhat azonban, hogy a döntési eljárást több döntési célnak egyszerre kell megfeleltetni (Carver 1991). Ezek a döntési célok lehetnek egymást kiegészítők, de ellenkező értelmű, egymással konfliktusban lévők is. A kiegészítő döntési célok esetében egy hierarchikus rendszerben oldják meg a feladatot, ahol az egyes döntési tényezőkhöz döntési súlyokat rendelnek és az így súlyozott döntési tényezőknek a kombinációi segítségével érik el a döntési célt. Az egymással konfliktusban lévő döntési célok esetében egyfajta rangsort alakítanak ki, ez alapján létrejön egy prioritási, fontossági sorrend melynek révén egy kompromisszumos megoldási sorozattal érik el a döntési célok kielégítését (Rosental 1985).

Bizonytalanság és kockázat. A döntéshozatali folyamatban több hibaforrással kell számolnunk, leggyakrabban azonban két fő típust szoktak vizsgálni: az egyik az adatbázis, a másik a döntéshozatali szabályokból származó bizonytalanság. Az adatbázis bizonytalansági tényezőknél az elsődleges forrás a mérési hiba (például egy terepszintnek a magassági értéke függhet a mérőműszer pontosságától, a mérési eljárástól, az ábrázolás pontosságától, a számítógépes adatátvitel pontosságától és az operátor hibájától). Ezek együttesen egyfajta hibaterjedési folyamatban okoznak egy együttes hibát az adatbázisban. A témával kapcsolatban Detrekői (1991, 1992, 1994) végzett jelentős kutatásokat. Nem minden bizonytalanság kapcsolódik azonban a mérési hibához. Zadeh (1965) az ilyen típusú bizonytalanságok kezelésére a Fuzzy eljárást alkalmazta, amelyben lehetséges a bizonytalansági értékek kezelése. Ez a megközelítés jóval közelebb áll az emberi gondolkodáshoz, mint a már ismert Boolean logikai rétegek kialakítása, amelyeket a szakirodalomban kemény döntéshozatali feltételeknek is hívnak.

A döntéshozatali bizonytalanság. Attól függően, hogy a döntéshozatali folyamatban milyen kritériumokat válogatunk ki, ezeket milyen súllyal kezeljük, s hogyan kombináljuk, az egész döntéshozatali folyamatot szintén egyfajta hiba terheli. Ezt a típusú hibát Alonso (1968) specifikációs hibának hívta. Stoms (1987) részletesen foglalkozik az ún. puha döntési bizonytalanságokkal, amelyeket a Bayes valószínűségi elmélet, illetve a Fuzzy elmélet ír le.

Kockázat. Kockázat alatt annak a valószínűségét értjük, hogy az általunk hozott döntés feltehetően rossz. A kockázat növekszik egyrészt a bizonytalanság eredményeként, másrészt pedig a különböző bizonytalanságok kombinációja révén (például az adatbázis vagy a döntési szabályokból származó bizonytalanságok esetén). Szintén növeli a kockázatot, ha a döntést már eleve valamilyen statisztikai valószínűségi elmélet alapján végeztük (például a Bayes elmélet szerint). A térinformatika döntéstámogatási rendszere három fő területet fog át általában. Ezek - nem fontossági sorrendben - a következők:

A többtényezős értékelési eljárás, ahol leginkább a súlyozott lineáris kombinációt alkalmazzák.

A következő a több célú föld-allokációs eljárás, ahol elsősorban valamilyen kompromisszumos megoldást keresnek a döntési cél elérése érdekében.

A harmadik csoport a döntési bizonytalanságok és kockázatok térinformatikai eljárásokkal való kezelése.

4. melléklet. Hommel féle veszélyt jelölő számokhoz történő besorolás

Egészségügyi ártalom

4	<p>Az így jelölt anyagok az egészségre rendkívül veszélyesek, Már néhány lélegzetvétel elég ahhoz, hogy halált okozzon.</p> <p>A 4-es jelzőszámú anyagok közül egyesek gőz- vagy folyadékállapotban elrontcsolják a közönséges védőruházatot, vagy reakcióba lépnek vele.</p> <p>4-es jelzőszám esetén a legfontosabb a különlegesen súlyos egészségi ártalom folytonos figyelembevétele.</p> <p>Példák az egészségi ártalomra a 4-es jelzőszámmal jelzett veszélyes anyagok esetén: hidrogén-cianid (kénsav), amely belégzés után rövid idő alatt halált okoz; fluor, amely nemcsak igen erős izgató hatást fejt ki, hanem mint erősen oxidáló reagens is hat, aminek következtében a közönséges védőruházat hirtelen meggyulladhat.</p>
3	<p>Az így jelzett anyagok az egészségre nagyon veszélyesek. Általában abba a körzetbe, amelyben a 3-as jelzőszámmal jelzett anyag juthat a szabadba, nem szabad behatolni addig, amíg kémiai jellegét és a vele járó veszélyeket meg nem állapították.</p> <p>Példa a 3-as jelzőszámú gázra: klór, vízmentes ammónia.</p>
2	<p>Az így jelölt anyagok az egészségre ártalmasak lehetnek, Példa ilyen anyagra: benzin, a formaldehid gőze.</p>
1	<p>Az így jelzett anyagok az egészségre csak kevésbé ártalmasak. A gőzfelhőktől veszélyeztetett területre csak akkor lehet külön védelem nélkül behatolni, ha a gőzök nem vagy csak kevésbé gyúlékonyak.</p> <p>Példák az 1-es jelzőszámú anyagokra: aceton, a lakkgyanta sztirolol oldatai.</p>
0	<p>Az így jelölt gőzök és éghető anyagok az elhárító személyzet számára nem okoznak nagyobb egészségi ártalmat, mint az egyéb éghető anyagok. Példa a 0 jelzőszámú anyagra: fűtőolaj, glicerinolaj.</p>

Tűzveszély

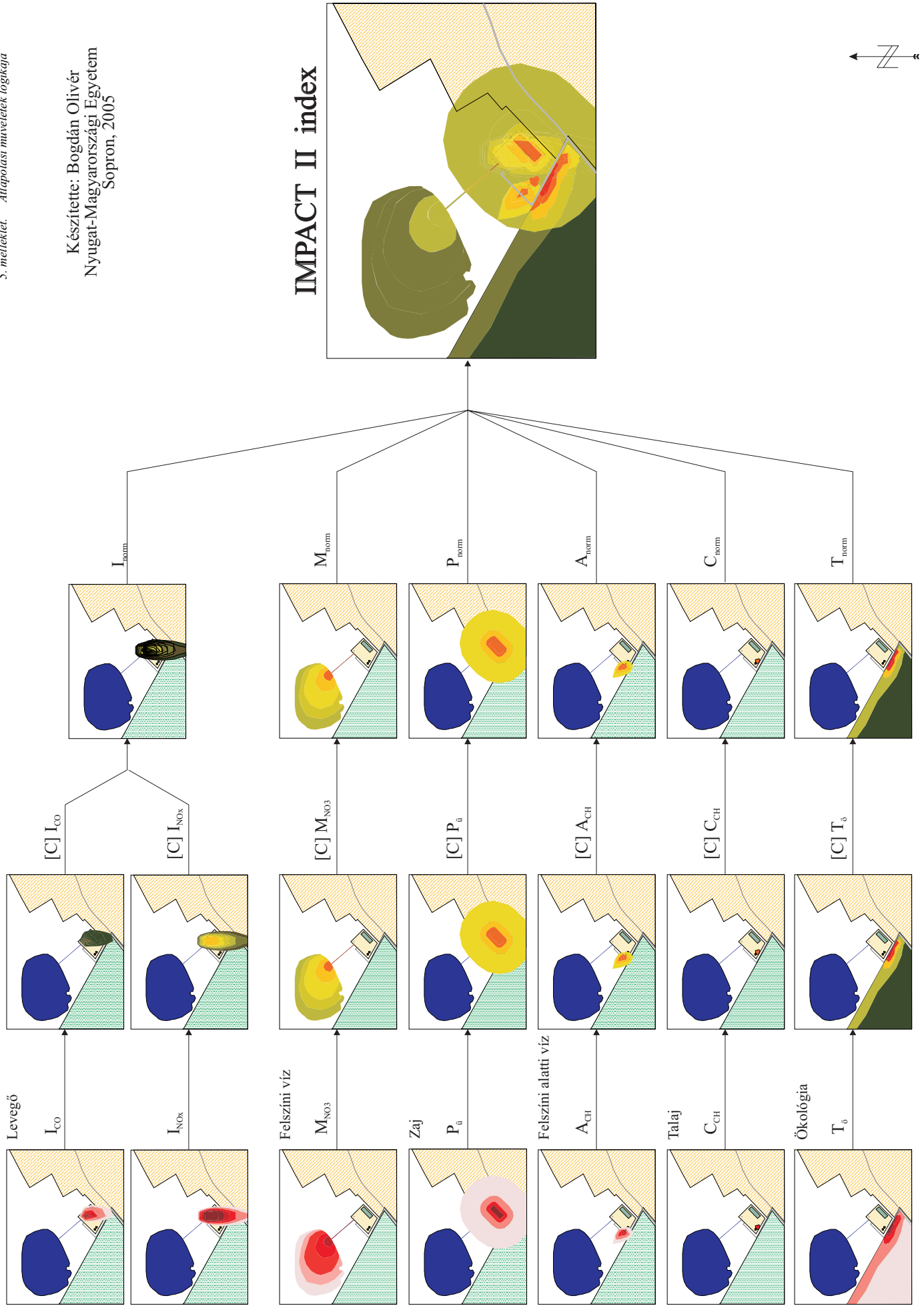
4	<p>Az így jelölt anyagok, pl. könnyen gyulladó gázok és gyorsan párolgó folyadék gőzei, amelyek rövid idő alatt a levegővel robbanóképes elegyet képeznek.</p> <p>A könnyen égő, szilárd, por alakú anyagokat ugyancsak 4-es jelzőszám jellemzi. Ha a tárolóeszköz vagy tartály az égés körzetében van, biztonságos távolságból vízsugárral kell megkísérelni a tartály köpenyének és tartalmának a lehűtését.</p> <p>A hazai gyakorlatban ide kell sorolni a „fokozottan tűz-és robbanásveszélyes” (jele „A”) tűzveszélyességi osztályba sorolt gázokat (Országos Tűzvédelmi Szabályzat szerint), az I. tűzveszélyességi fokozatú éghető folyadékokat (MSZ 9790 szerint), valamint a „tűz- és robbanásveszélyes” („B”) gázokat OTSZ szerint.</p> <p>Példa a 4-es jelzőszámú anyagra: propán, dietil-éter</p>
3	<p>Ide sorolandó elvben minden 35 °C-os és ennél alacsonyabb lobbaspontú éghető folyadék. Kivételek csak az igen gyorsan párolgó anyagok, melyek 4-es jelzőszámúak.</p> <p>A hazai gyakorlatban ide kell sorolni azokat a „B” tűzveszélyességi osztályba sorolt éghető folyadékokat, amelyek lobbaspontja 21...35 °C (70...95 °F) között van.</p> <p>Példa a 3-as jelzőszámú folyadéokra: benzol, az Otto-motor hajtóanyagai.</p>
2	<p>Ez az olyan folyadékokat jellemzi, amelyek gyulladási veszélye közönséges hőmérsékleten csak mérsékelt, és gőzt is csak kisebb mértékben fejlesztenek. Jelentősebb veszélyt csak az anyag forráspont körüli hőmérsékletre való hevítése okoz.</p> <p>Példa 2-es jelzőszámú folyadéokra: folyékony tüzelőanyagok, dízel-hajtóanyag, extra könnyű fűtőolaj.</p>
1	<p>Az így jelölt anyagokat melegíteni kell ahhoz, hogy égni kezdjenek. Ide tartoznak a 100 °C fölötti lobbaspontú folyadékok.</p> <p>Példa az 1-es jelzőszámú folyadékra: étolaj, kenőolaj, nehézfűtőolaj.</p>
0	<p>Nem éghető anyagok.</p> <p>Példa a 0 jelzőszámú folyadékra: szén-tetraklorid, gyenge sav és lúg</p>

Kémiai reakció veszélye

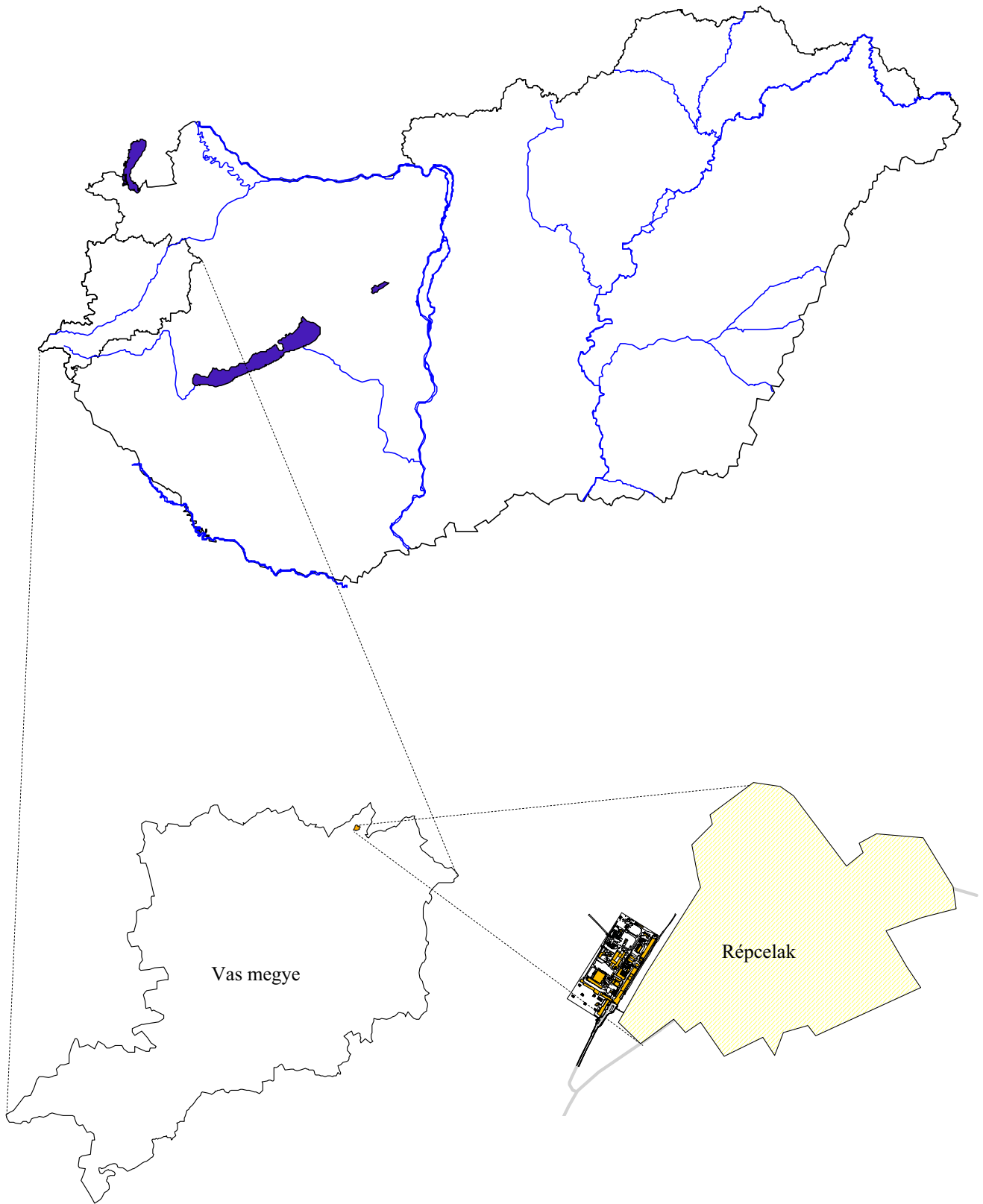
4	Az így jelzett anyagok robbanásveszélyesek, ha a kiterjedt tűz, erős rázkódás vagy hirtelen hőhatás éri őket. Példa a 4-es jelzőszámú anyagra: robbanóanyagok, lőszerek, pikrinsav.
3	Az így jelölt anyagok nagyon veszélyesek, ha tűz éri őket. Magas hőmérséklet és nagy nyomás hatására robbanhatnak. Példa ilyen anyagra: fluor, diborán.
2	Az így jelzett anyag a szokásos környezeti hőmérsékleten stabilis. Ha erős tűz hatására felhevül, heves kémiai reakció indul meg. Példa 2-es jelzőszámú anyagra: a lakkgyanta sztirolos oldata, akrilsav.
1	Az így jelölt anyagok közönséges körülmények között állandók. Magas hőmérsékleten és nagy nyomáson vízzel érintkezve reakció jöhet létre, és ez a folyadék térfogat-növekedését okozhatja. Példa az 1-es jelzőszámú anyagra: salétromsav, propilén.
0	Az így jelölt anyagok normális állékonyságúak

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005

IMPACT II index



6. melléklet. Répcelak földrajzi elhelyezkedése



A Linde Gáz Magyarország Rt. földrajzi elhelyezkedése

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



Jelmagyarázat:

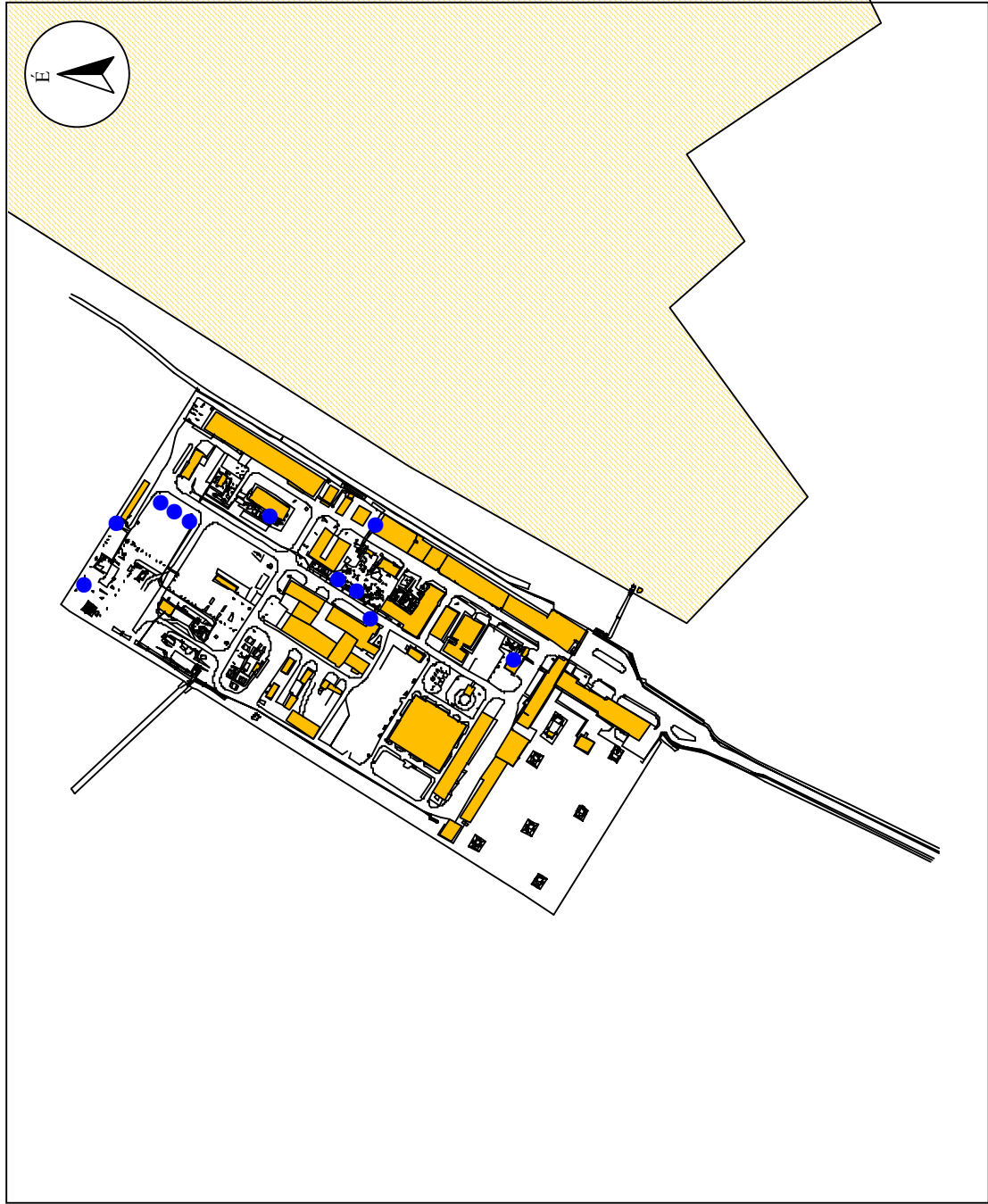
 Linde Gáz Magyarország Rt.
86. sz. főút

0 200 400 600 Méter



A légszennyező pontforrások elhelyezkedése

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



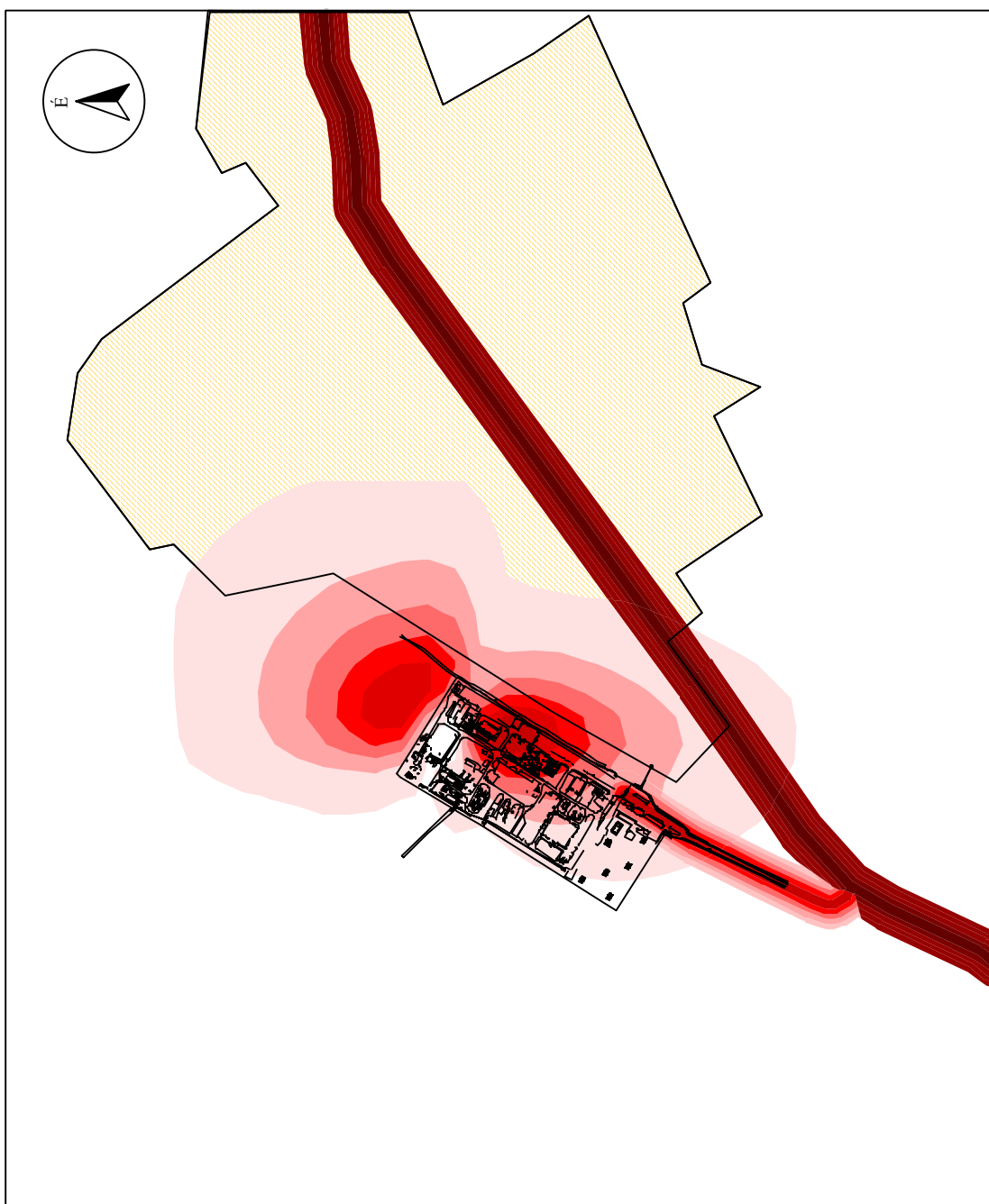
Jelmagyarázat:

- Pontforrások
- Linde Gáz Magyarország Rt.
- ▨ Répcelak belterület

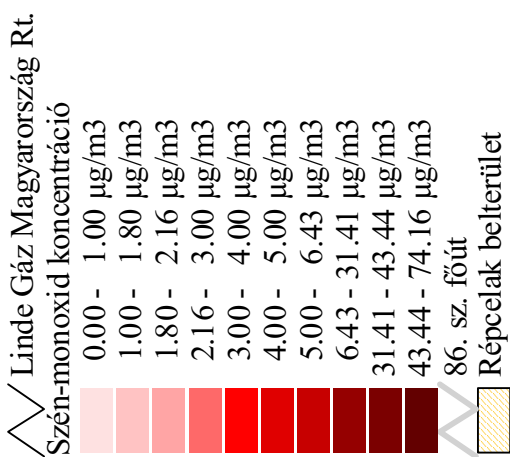
0 90 180 270 Méter

A szén-monoxid koncentráció eloszlása

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005

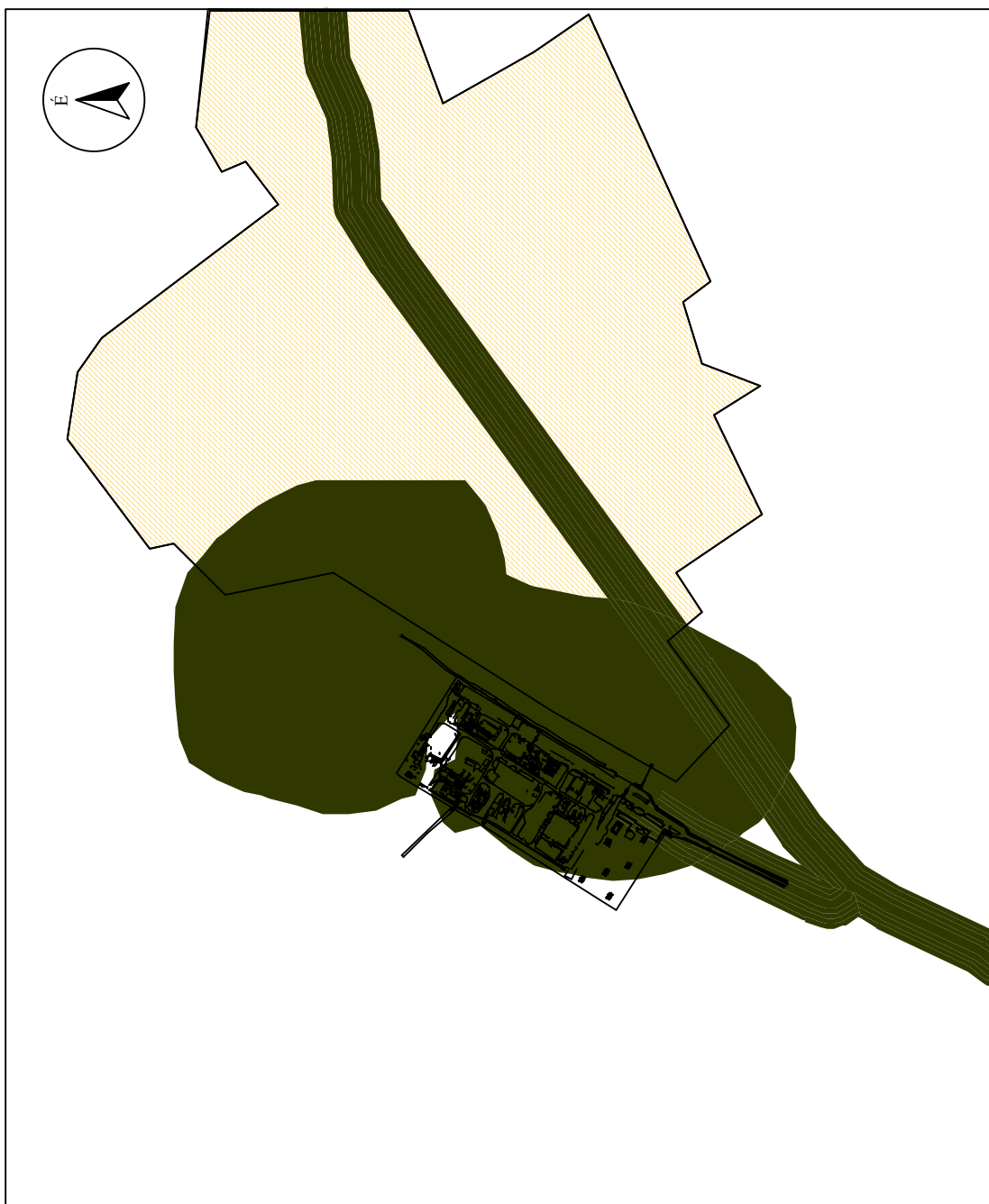


Jelmagyarázat:



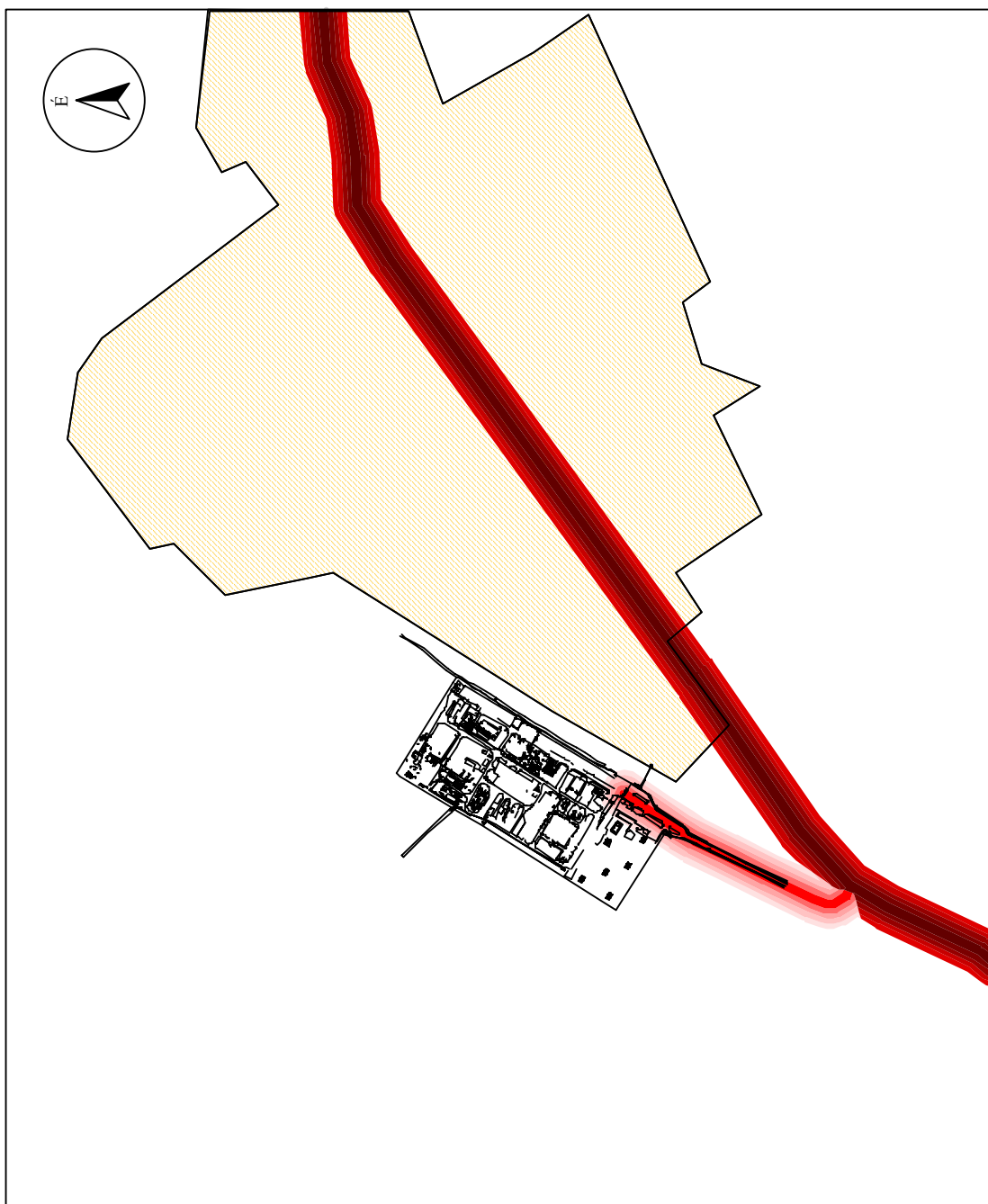
A szén-monoxid koncentrációtól függő faktora

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



A kén-dioxid koncentráció eloszlása

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



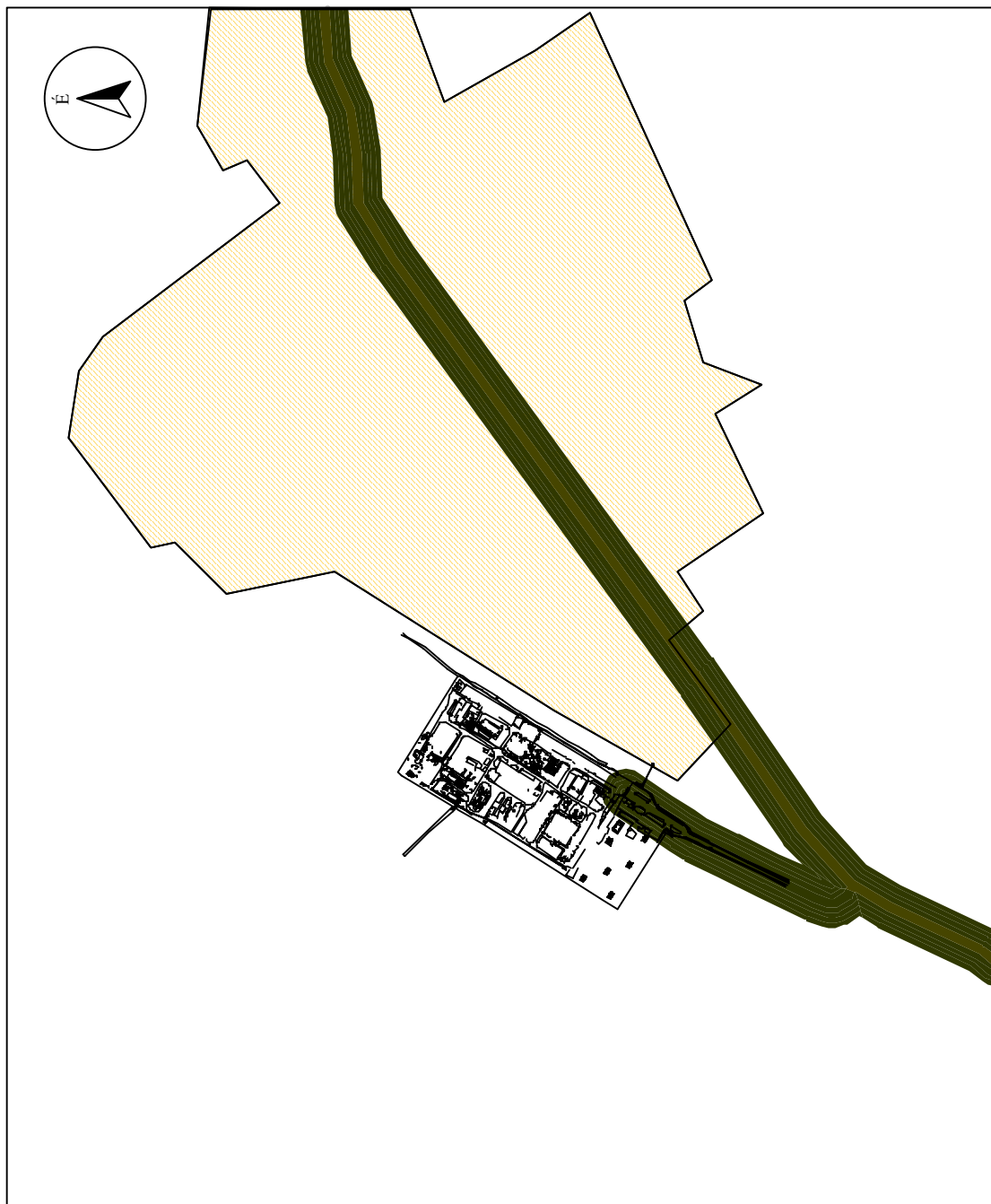
Jelmagyarázat:

- Linde Gáz Magyarország Rt. Kén-dioxid koncentráció
- 0.00 - 0.13 µg/m³
- 0.13 - 0.16 µg/m³
- 0.16 - 0.20 µg/m³
- 0.20 - 0.28 µg/m³
- 0.28 - 0.47 µg/m³
- 0.47 - 1.42 µg/m³
- 1.42 - 1.70 µg/m³
- 1.70 - 2.15 µg/m³
- 2.15 - 2.97 µg/m³
- 2.97 - 5.07 µg/m³
- 86. sz. főút
- Répcelak belterület

0 200 400 600 Méter

A kén-dioxid koncentrációtól függő faktora

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



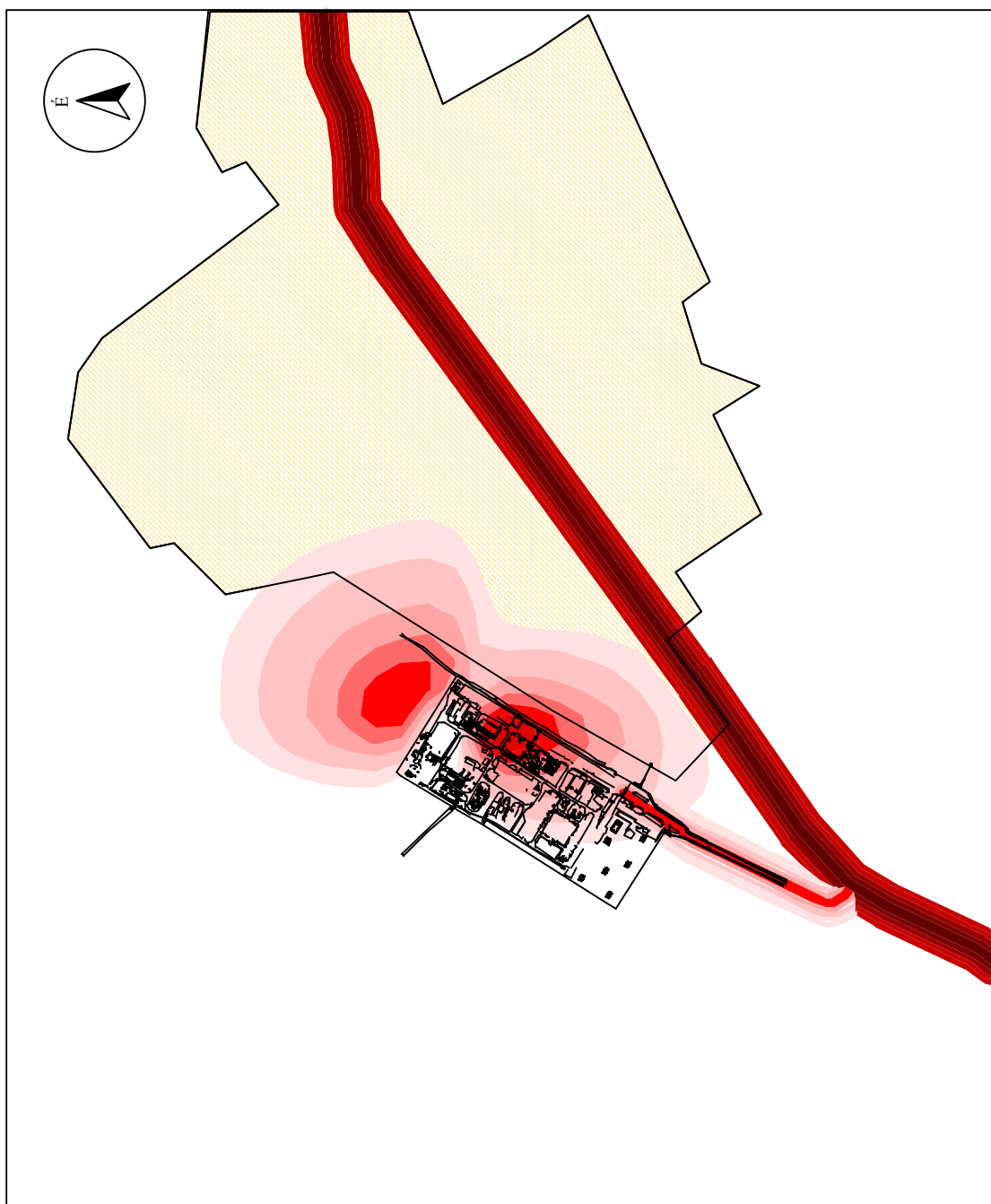
Jelmagyarázat:

- Linde Gáz Magyarország Rt.
- [C] kén-dioxid
- 0.000 - 0.010
- 0.010 - 0.020
- 0.020 - 0.040
- 0.040 - 0.055
- 0.055 - 0.070
- 0.070 - 0.085
- 0.085 - 0.100
- 0.100 - 0.400
- 0.400 - 0.750
- 0.750 - 1.00
- 86. sz. főút
- Répcelak belterület

0 200 400 600 Méter

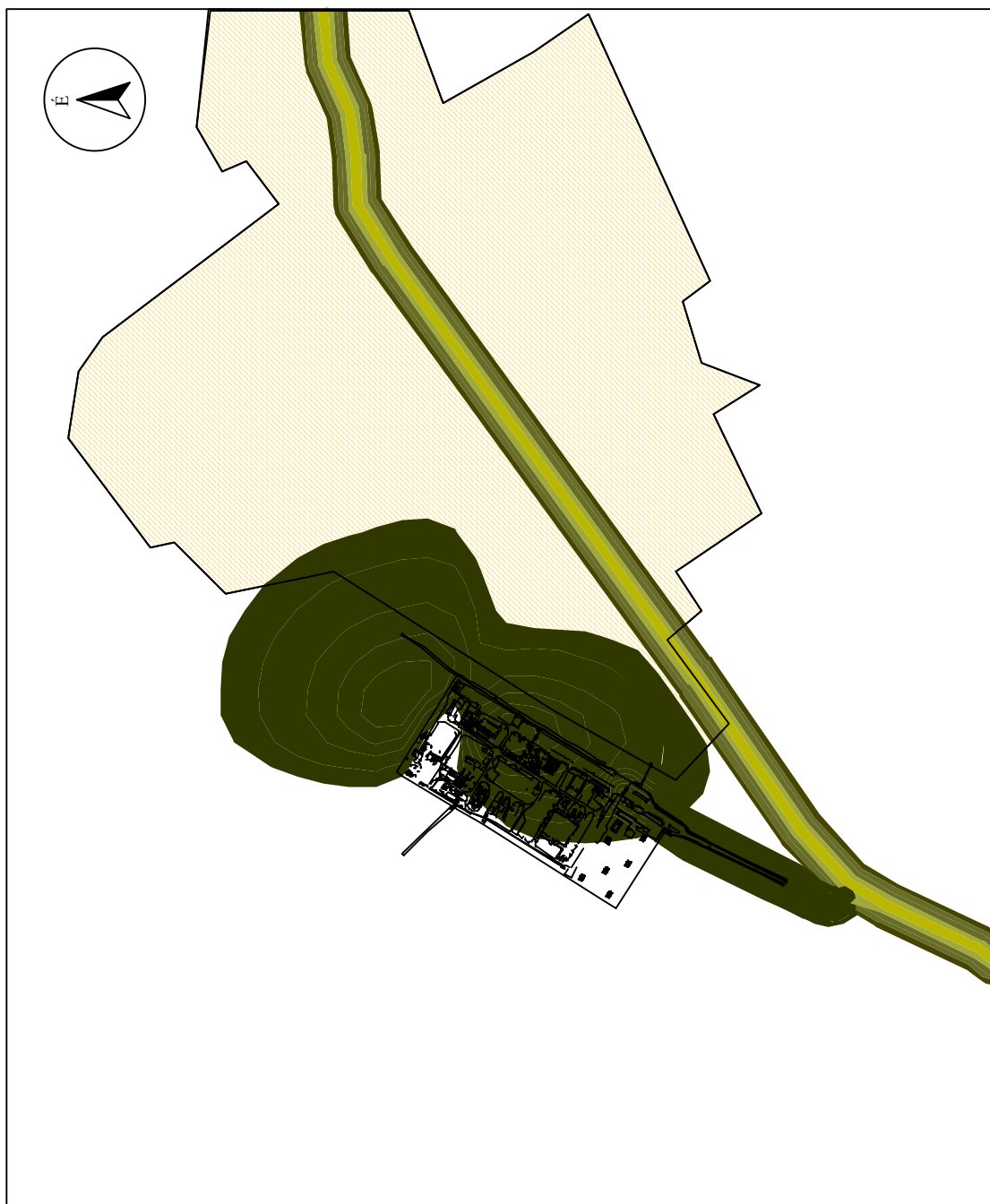
A nitrogén-oxidok koncentráció eloszlása

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



A nitrogén-oxidok koncentrációtól függő faktora

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



Jelmagyarázat:

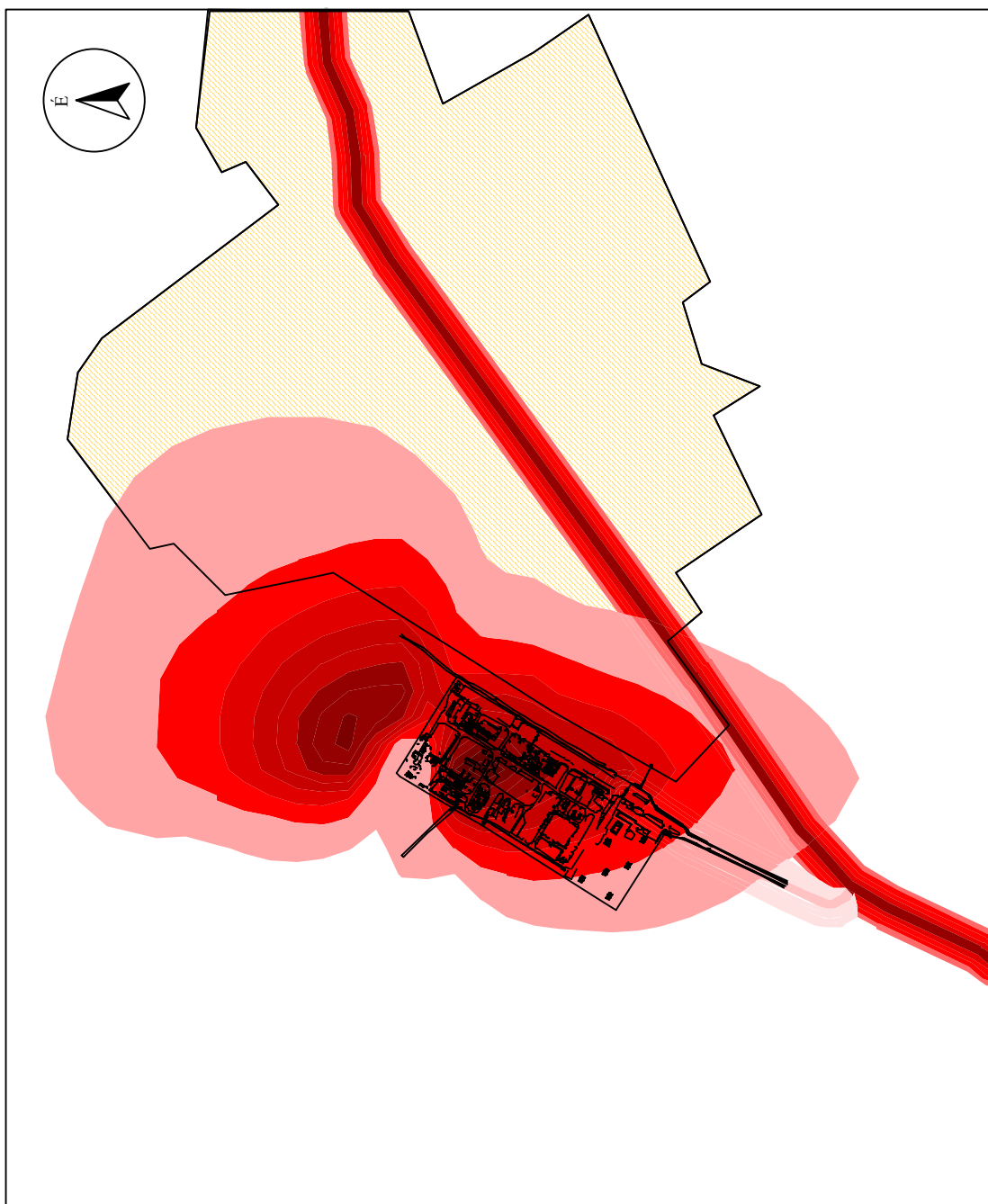
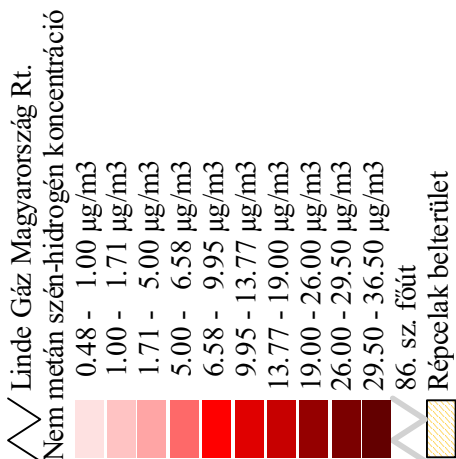
- Linde Gáz Magyarország Rt.
- [C] nitrogén-oxidok
- 0.000 - 0.010
- 0.010 - 0.020
- 0.020 - 0.040
- 0.040 - 0.055
- 0.055 - 0.070
- 0.070 - 0.085
- 0.085 - 0.100
- 0.100 - 0.400
- 0.400 - 0.750
- 0.750 - 1.000
- 86. sz. főút
- Répcelak belterület

0 200 400 600 Méter

A nem metán szén-hidrogének koncentráció eloszlása

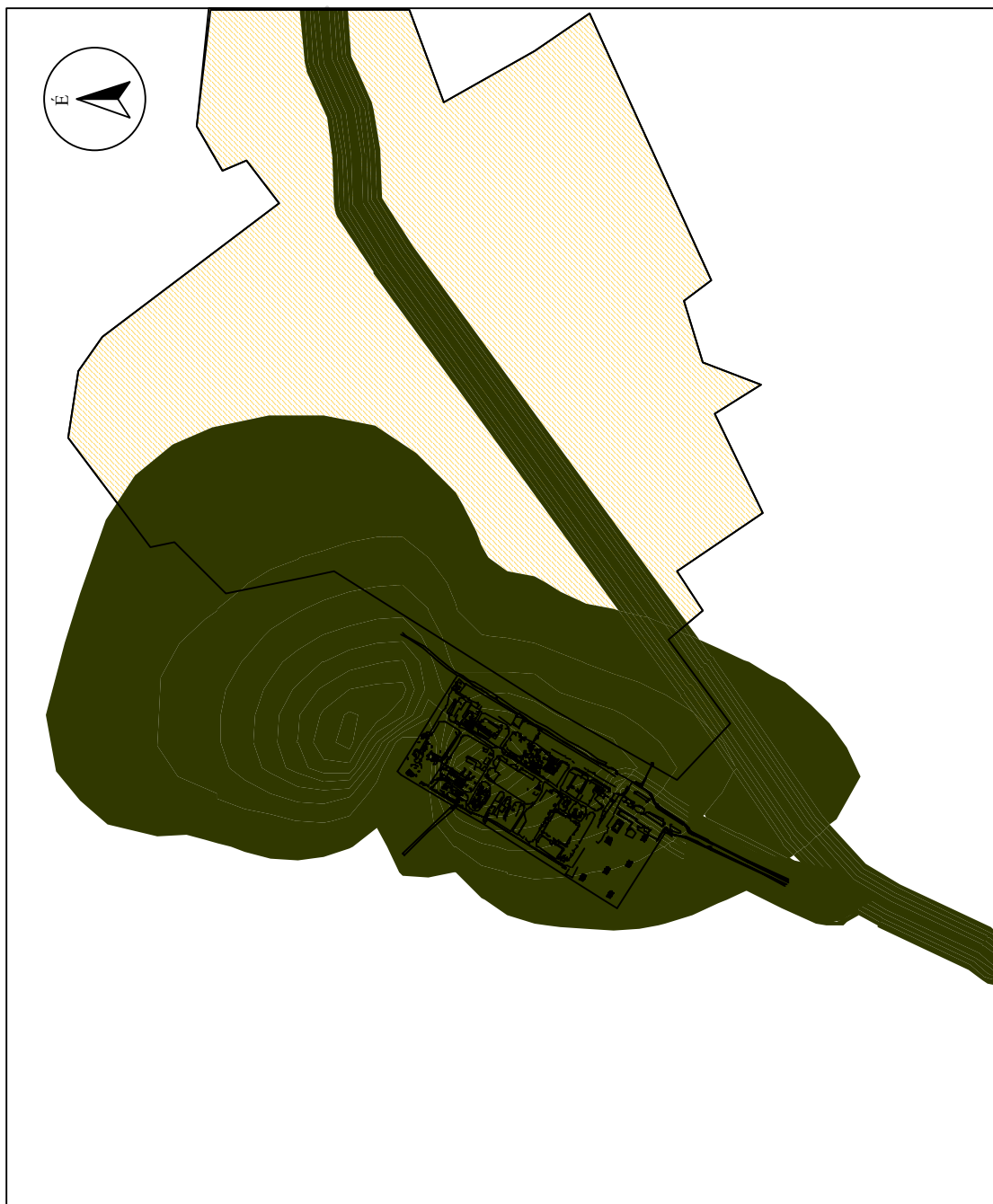
Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005

Jelmagyarázat:



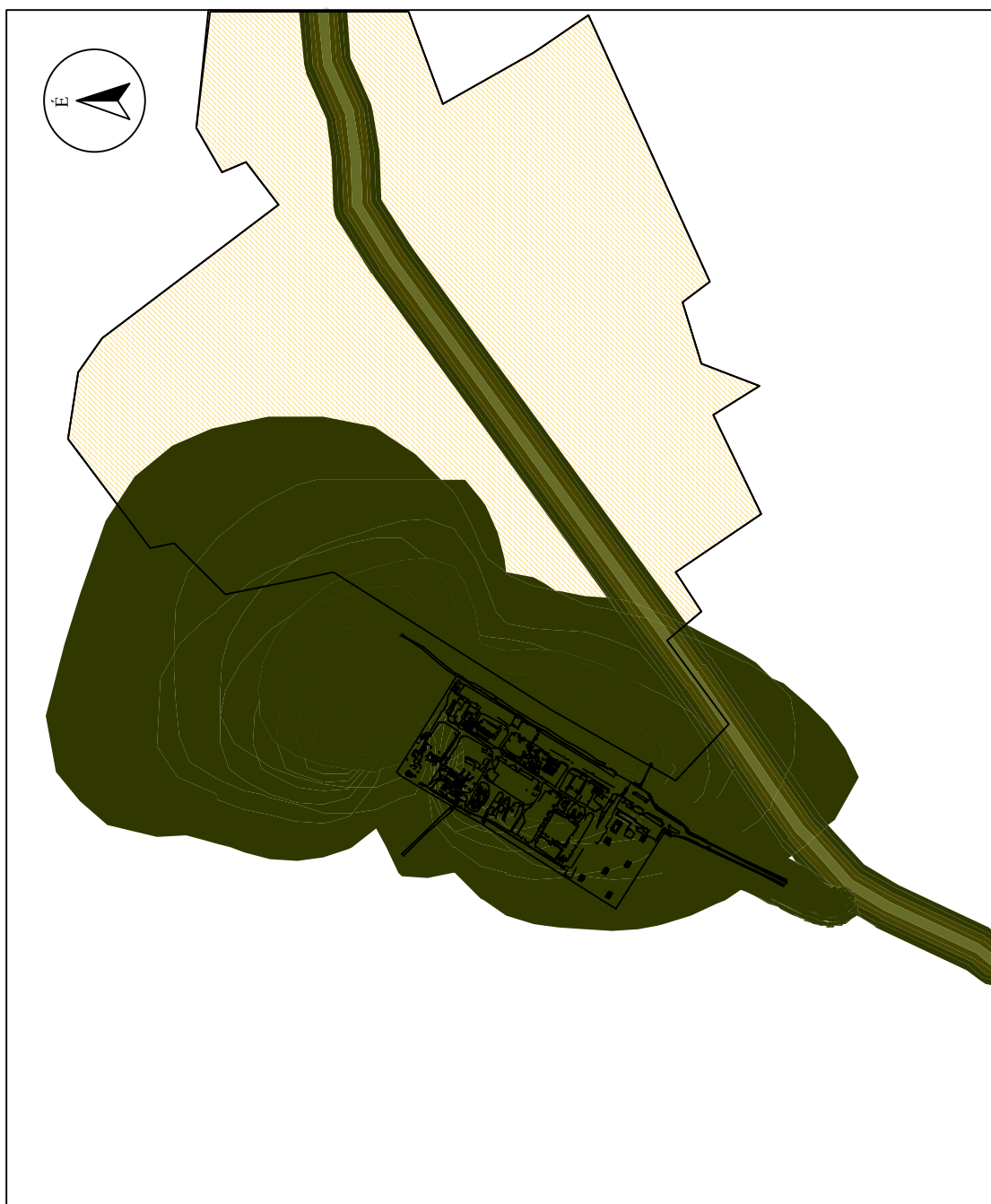
A nem metán szén-hidrogének koncentrációjától függő faktora

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



A levegő, mint környezeti elem, IMPACT II részindexe

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



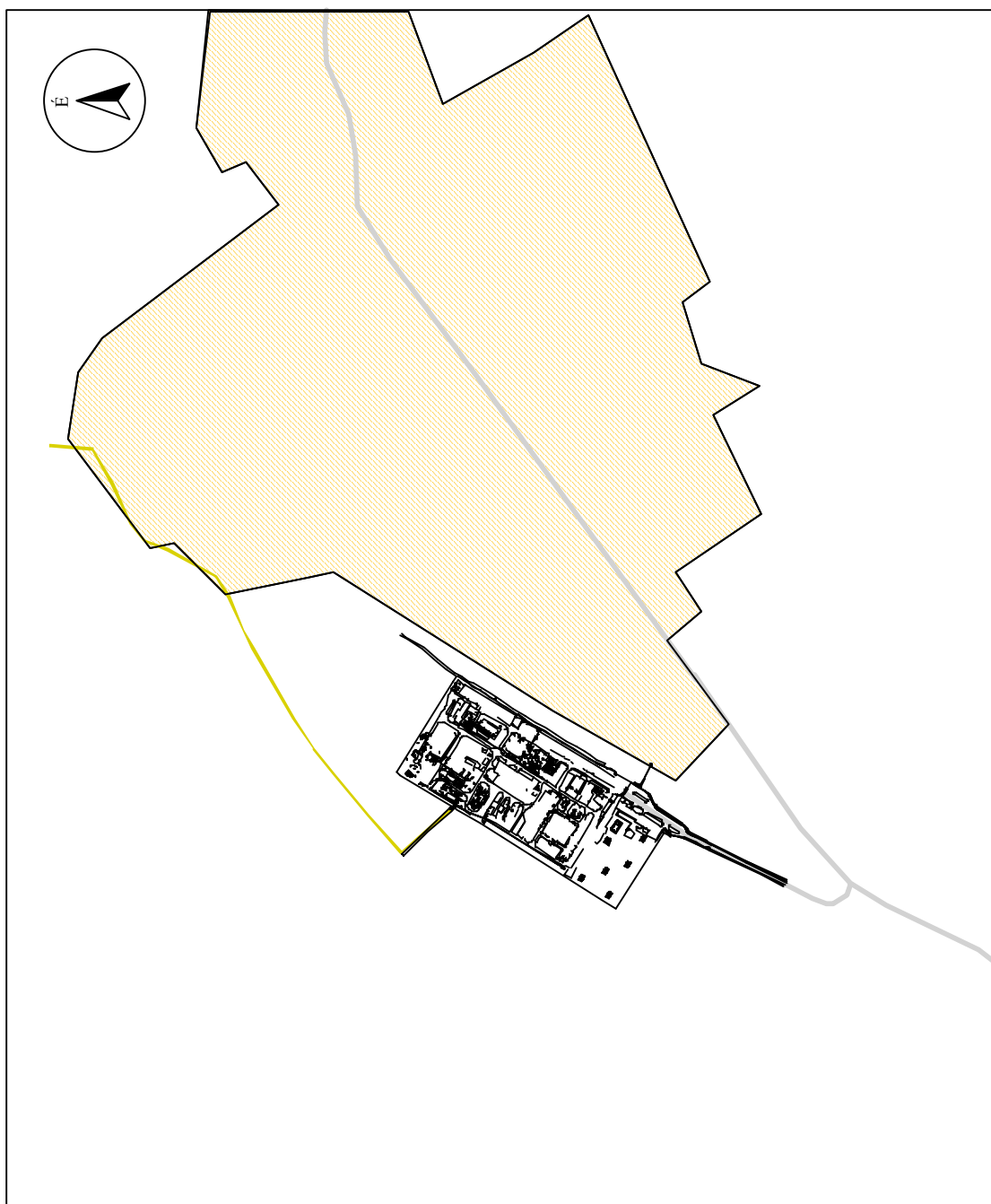
Jelmagyarázat:

- Linde Gáz Magyarország Rt.
- I norm
- | |
|--------------|
| 0.00 - 0.10 |
| 0.10 - 0.20 |
| 0.20 - 0.40 |
| 0.40 - 0.55 |
| 0.55 - 0.70 |
| 0.70 - 0.85 |
| 0.85 - 1.00 |
| 1.00 - 4.00 |
| 4.00 - 7.50 |
| 7.50 - 10.00 |
86. sz. főút
- Répcelak belterület

0 200 400 600 Méter

A víz, mint környezeti elem, IMPACT II részindexe

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005

A zajmérési pontok elhelyezkedése



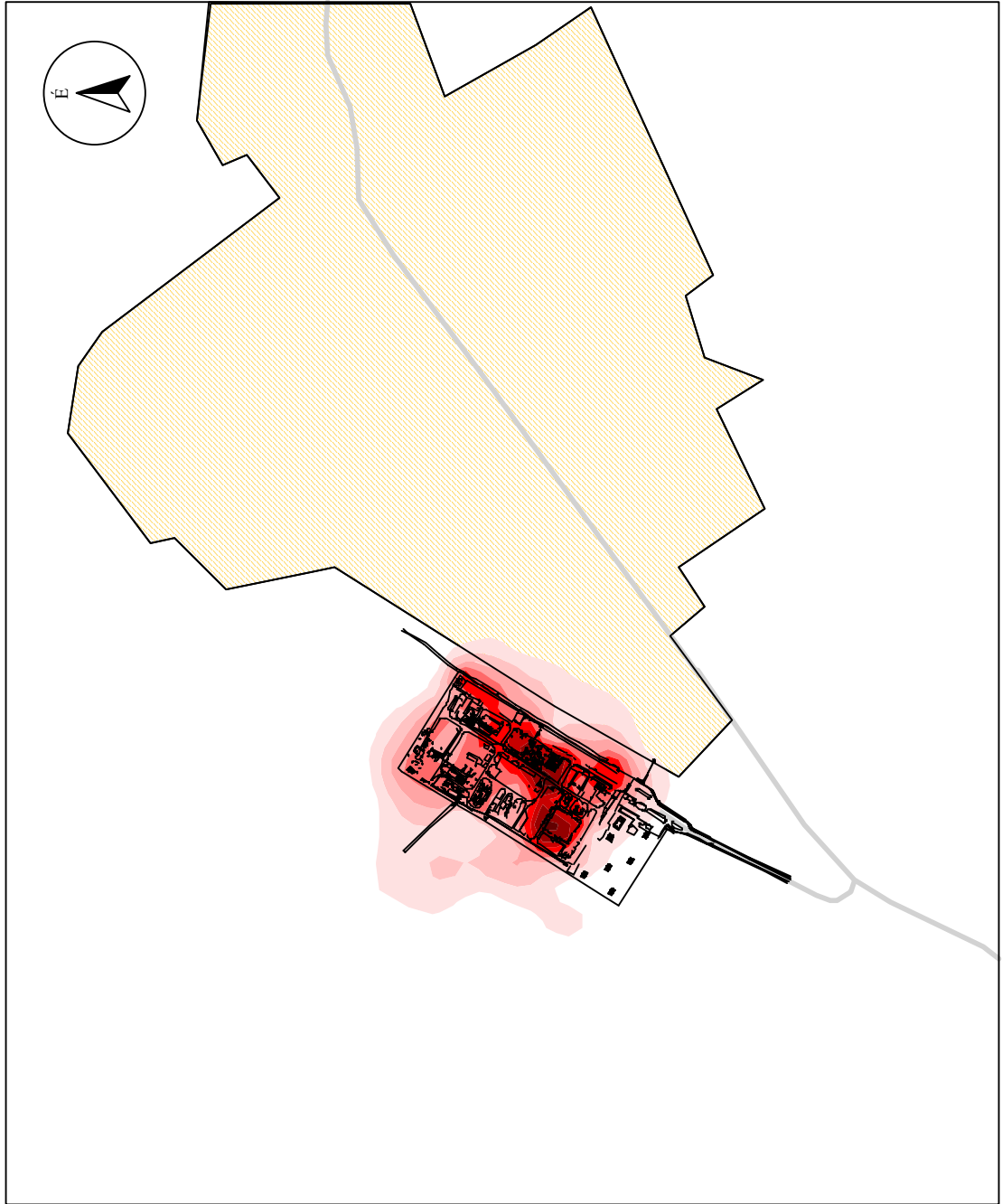
Jelmagyarázat:

- Zajmérési pontok
- Linde Gáz Magyarország Rt.
- Répcelak belterület

0 90 180 270 Méter

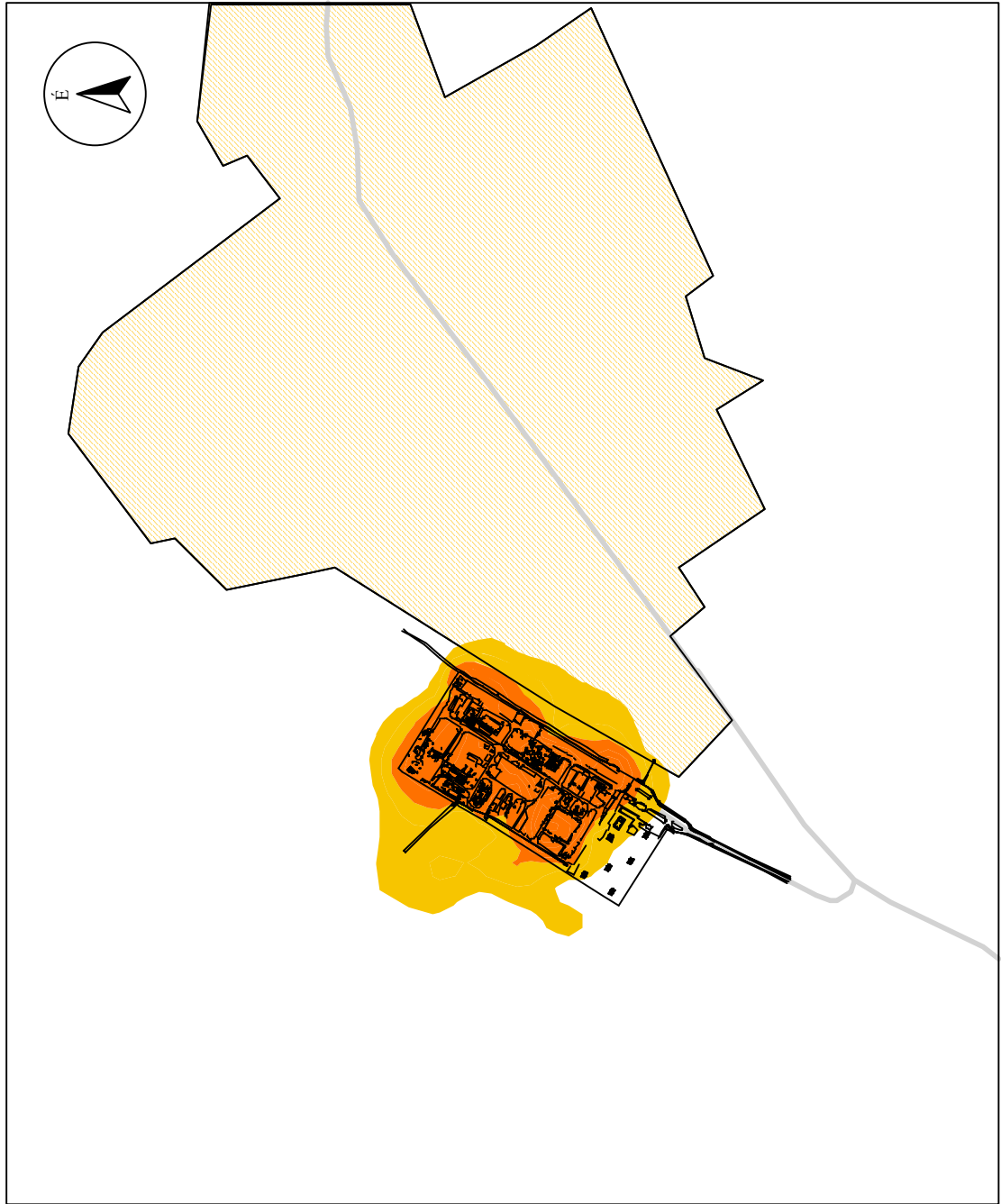
Az üzemelésből származó zajterhelés

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



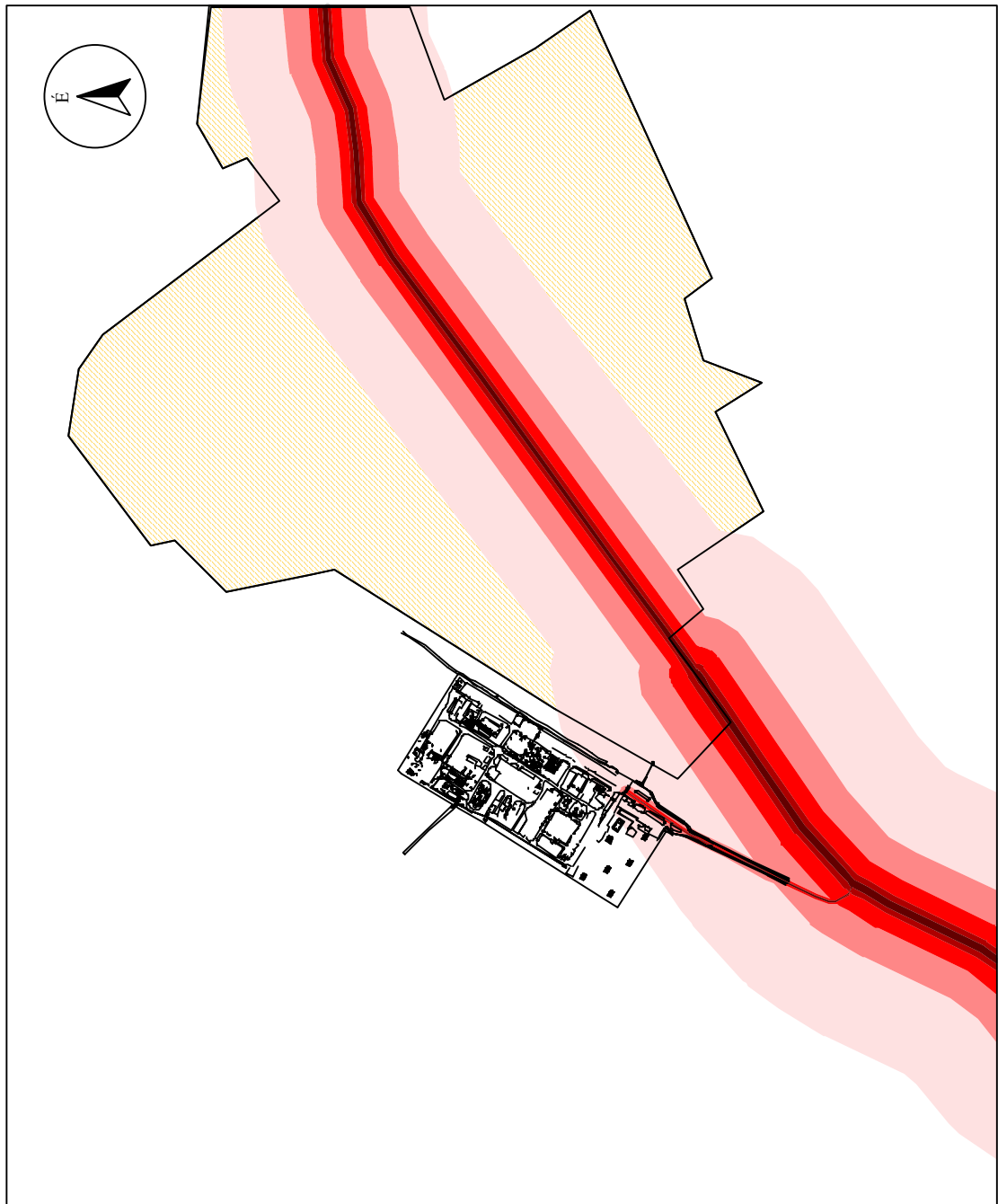
Az üzemből származó zajterhelés eloszlási faktora

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



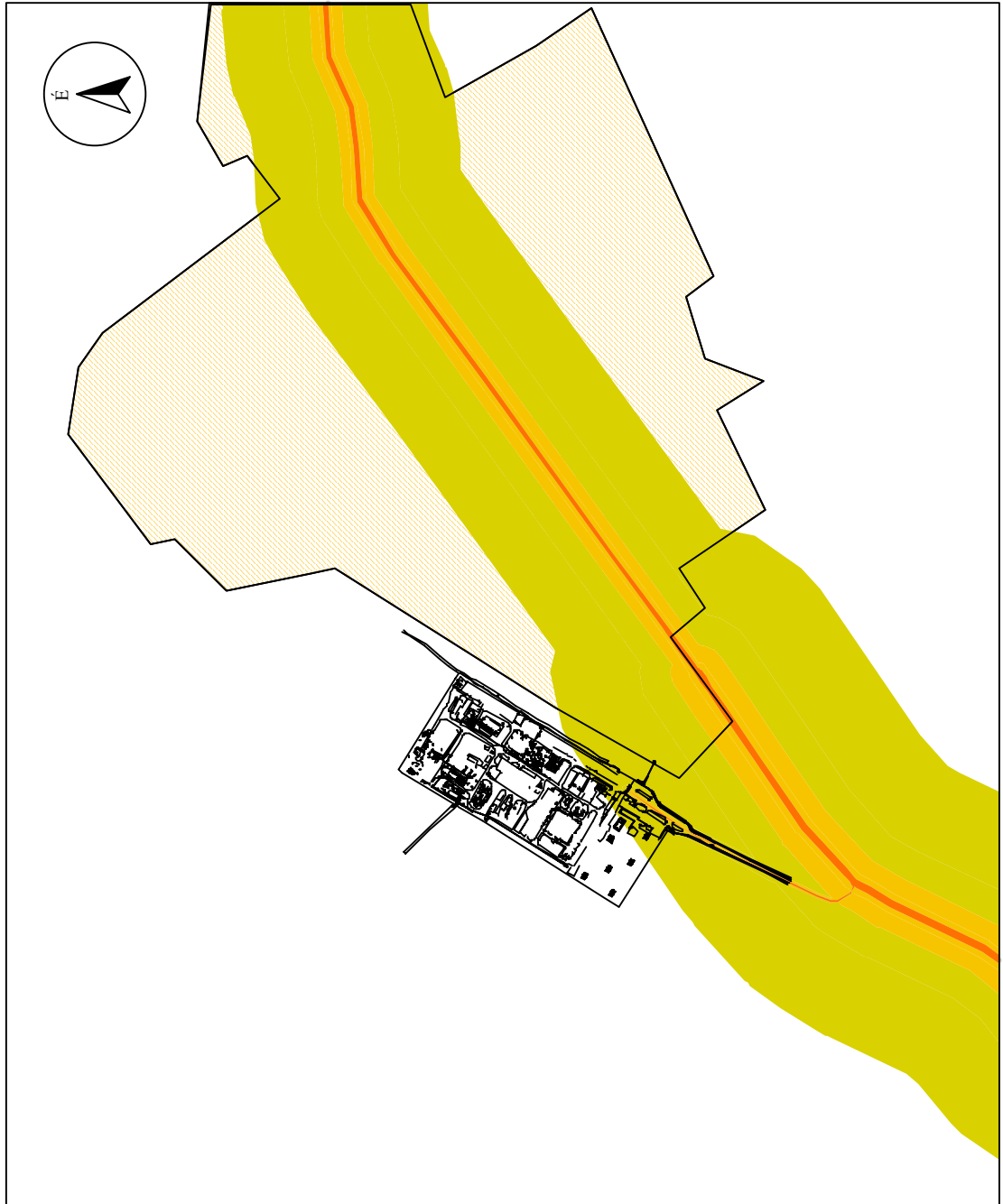
A közlekedésből származó zajterhelés

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005

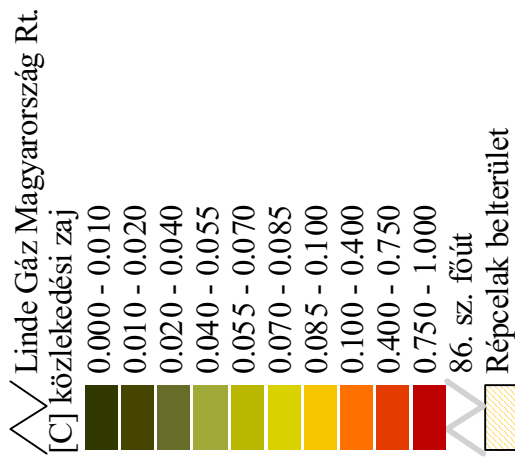


A közlekedésből származó zajterhelés eloszlási faktora

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005

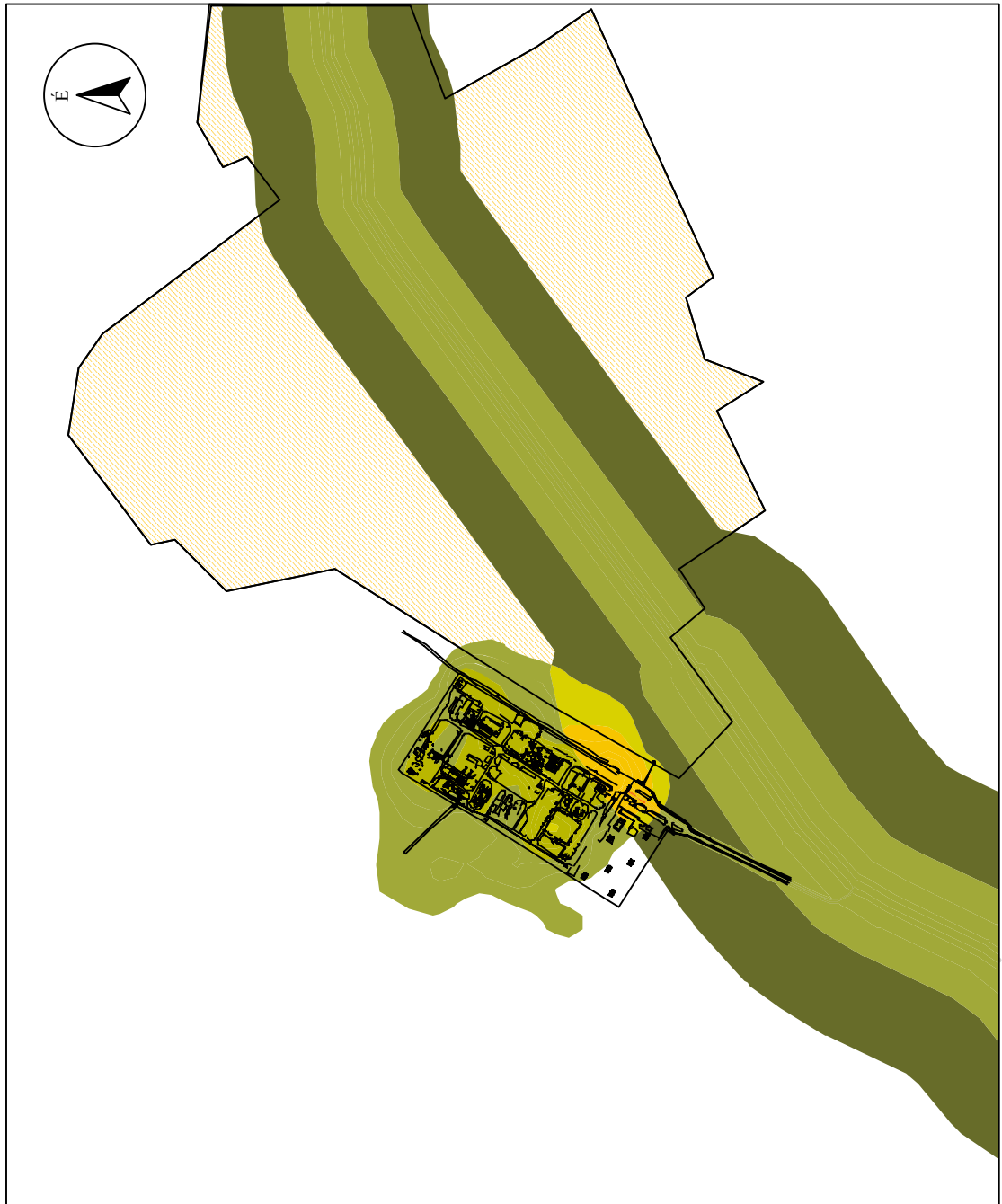


Jelmagyarázat:



A zaj, mint környezeti elem, IMPACT II részindexe

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



26. melléklet. Az értékelés során vizsgált szennyező anyagok és környezeti tényezők

IMPACT II-tényező	Veszélyesség [W]	Koncentráció faktor [C]	Pontérték
I Levegő szennyező anyagok	határérték	órás / 24 órás / éves	0-36
I_{CO} Szén-monoxid [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] határérték:10000/5000/3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$I_{\bar{u}CO[W]}=8$	$\lambda (I_{\bar{u}CO[C]}) = 3,51 * 10^{-5}$	
I_{SO_2} Kén-dioxid [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] határérték:250/125/50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$I_{\bar{u}SO_2[W]}=7$	$\lambda (I_{\bar{u}SO_2[C]}) = -2,1 * 10^{-3}$	
I_{NO_x} Nitrogén-oxidok [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] határérték:200/150/70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$I_{\bar{u}NO_x[W]}=11$	$\lambda (I_{\bar{u}NO_x[C]}) = 1,5 * 10^{-3}$	
I_{CH} Összes szénhidrogén kivétel Metán [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] Tervezési irányérték :500/500/- $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$I_{\bar{u}CH[W]}=$	$\lambda (I_{\bar{u}CH[C]}) = -2,1 * 10^{-4}$	
M Felszíni víz szennyezők			0-5
M_{NO_3} Nitrát [mg/l] határérték:80 mg/l	$M_{NO_3[W]}=1$	$\lambda (M_{NO_3[C]}) = 1,31 * 10^{-3}$	
M_{Na} Natrium [mg/l] határérték:500 mg/l	$M_{Na[W]}=1$	$\lambda (M_{Na[C]}) = -2,1 * 10^{-4}$	
M_{KOI} Kémoai oxigén igény [mg/l] határérték:150 mg/l	$M_{KOI[W]}=1$	$\lambda (M_{KOI[C]}) = -7,02 * 10^{-4}$	
$M_{NH_4^+}$ Ammónia [mg/l] határérték:10 mg/l	$M_{NH_4[W]}=1$	$\lambda (M_{NH_4[C]}) = -1,05 * 10^{-2}$	
M_N Szervetlen nitrogén [mg/l] határérték:50 mg/l	$M_N[W]=1$	$\lambda (M_N[C]) = -2,1 * 10^{-3}$	
P Zajterhelés			0-2
$P_{\bar{u}}$ Zajterhelés üzemelés [dB] határérték:50 dB	$P_{\bar{u}[W]}=1$	$\lambda (P_{\bar{u}[C]}) = -2,1 * 10^{-3}$	
P_k Zajterhelés közlekedés [dB] határérték: 5 dB	$P_{k[W]}=1$	$\lambda (P_{k[C]}) = -1, 2 * 10^{-3}$	
A Felszín alatti víz-szennyező anyagok			0
A	$A_W=0$	$\lambda (A_C) = 0$	
C Talaj szennyezők			0
C	$C_W=0$	$\lambda (C_C) = 0$	
T Egyéb tényezők			0
T	$T_W=0$	$\lambda (T_C) = 0$	

A Linde Gáz Magyarország Rt. IMPACT II indexe

Készítette: Bogdán Olivér
Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron, 2005



Jelmagyarázat:

Linde Gáz Magyarország Rt.
IMPACT II index

