

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Līga LIEPLAPA

**AUTOCEĻU IETEKMES UZ
VIDI NOVĒRTĒJUMA
METODIKA**

Promocijas darba kopsavilkums

Rīga, 2013

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Līga LIEPLAPA

Doktora studiju programmas „Vides zinātne” doktorante

**AUTOCEĻU IETEKMES UZ VIDI
NOVĒRTĒJUMA METODIKA**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskā vadītāja
Dr. habil. sc. ing., profesore
D.BLUMBERGA

Rīga, 2013

UDK 502.175(043.2)

Li 266 a

Lieplapa L. Autoceļu ietekmes uz vidi novērtējuma metodika. Promocijas darba kopsavilkums. - Rīga: RTU, 2013. – 41. lpp.

Iespiests saskaņā ar RTU Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūta 2012.gada 17.decembra lēmumu, protokols Nr.31

ISBN 978-9934-8302-6-6

PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA VIDES
PĀRVALDĪBĀ IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs vides zinātnes doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2013.g. 8. jūlijā plkst. 10:00 Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātē, Kronvalda bulvārī 1, 21. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Dr. geogr., profesore Agrita Briede,
Latvijas Universitāte

Dr. sc. ing. , profesore Zaneta Stasiskiene,
Kauņas Tehnoloģiskā universitāte, Lietuva

Dr.sc.ing., vadošā pētniece Sarma Valtere,
Rīgas Tehniskā universitāte

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē vides zinātnes doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Līga Lieplapa

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 4 nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, 45 attēlus, 20 tabulas un kopā 100 lappuses. Literatūras sarakstā ir 133 nosaukumi.

Satura rādītājs

Darba aktualitāte	5
Darba mērķis un uzdevumi	6
Pētījuma metodika.....	6
Darba zinātniskās novitātes.....	6
Darba praktiskais lietojums.....	7
Darba aprobācija	7
Publikācijas	8
1. Indikatoru metodes izveide ietekmes uz vidi novērtējumam	11
2. Metodes testēšana.....	12
2.1. Vides parametru un indikatoru sistēmas izveide.....	13
2.2. Vides parametru mērījumi.....	15
2.2.1. Trokšņa mērījumu metode.....	16
2.2.2. Satiksmes intensitātes noteikšana.....	16
2.3. Indikatoru modeļi un to parametru noteikšana	17
2.3.1. Trokšņa indikatora izmaiņas.....	17
2.3.2. Cieto daļiņu indikatora izmaiņas	27
2.3.3. Slāpekļa oksīdu indikatora izmaiņas	29
2.4. Līmeņatzīmes metode vides indikatoru novērtēšanā	25
2.4.1. PM10 indikatora līmeņatzīmes novērtēšana	25
2.4.2. CO indikatora līmeņatzīmes novērtēšana	26
2.4.3. NO _x emisiju indikatora līmeņatzīmes novērtēšana.....	26
3. Rezultāti un rekomendācijas	27
3.1. Paredzētās darbības klasifikācija un vides faktori	27
3.2. Paredzētās darbības IVN metodika.....	30
Secinājumi.....	40

DARBA AKTUALITĀTE

Latvijai iekļaujoties Eiropas kopējā ekonomiskajā telpā, attīstoties vides apziņai sabiedriskajā un valstiskajā līmenī, pieaug vides risinājumu politiskā un ekonomiskā nozīme. Latvijā kopš likuma “Par ietekmi uz vidi novērtējumu” stāšanās spēkā (1998) ir veikti vairāk nekā 100 ietekmes uz vidi novērtējumi dažādu saimnieciskās darbības sfēru iecerēm (projektiem).

Ietekmes uz vidi novērtējums (IVN) ir pirmais un vissvarīgākais solis plānoto saimniecisko darbību iespējamās slodzes uz vidi prognozēšanai un preventīvo vides aizsardzības pasākumu ieviešanai. Tas ir pamats lēmumu pieņemšanai par plānotās saimnieciskās darbības akceptēšanu vai noraidīšanu. Tādēļ pēdējos gados arvien aktuālāka kļūst ietekmes uz vidi novērtējumu kvalitāte. Šobrīd IVN kvalitāte un būtiskākie secinājumi bieži ir atkarīgi no iesaistīto ekspertu zināšanām, pieredzes un pat viedokļa, retāk tie ir balstīti uz objektīvu datu interpretāciju un/vai līdzīgu objektu IVN retrospektīvu, savstarpēji salīdzināmu kvantitatīvu vērtējumu.

Ietekmes uz vidi novērtējumam (IVN) ir jāsniedz pamatota atbilde uz jautājumu, kā un cik lielā mērā paredzētais projekts ietekmēs vidi, kādas izmaiņas sagaidāmas, ja mainīsies tehnoloģiskie vai vides parametri. Šādu atbildi var sniegt tikai ar izmērāmiem, pārbaudāmiem skaitliskiem lielumiem – vides indikatoriem, bet ne ar vispārīgu, uz pieņēmumiem balstītu ietekmes aprakstu un vērtējumu. Pēdējos gados arvien plašāk izskan sabiedrības kritiskā nostāja pret IVN rezultātu ticamību, parādās IVN ziņojumu formāls raksturs un rezultātu nenoteiktība tajos, bet ieviešot vides indikatoru metodi, tiks sekmēta projekta ieceres virzītāja, sabiedrības un lēmumu pieņēmēju savstarpējā sadarbība vislabākās iespējamā projekta attīstības alternatīvas virzīšanā.

Attīstoties ekonomikai un uzlabojoties pirkjspējai, pieaug transportlīdzekļu skaits un satiksmes intensitāte, kas veicina autoceļu infrastruktūras uzlabošanu un attīstīšanu. Pieaugot transportlīdzekļu krāvnēsībai, daudzi tradicionālie dzelzceļa kravu pārvadājumu veidi aizvien vairāk tiek novirzīti pa autoceļiem. Pieauguši arī atkritumu pārvadāšanas attālumi uz poligoniem. Šīs un daudzas citas tendences būtiski palielina slodzi videi un arī potenciālos riskus, paaugstina prasības ceļu kvalitātei un būvtechnoloģijām. Nepietiekami izvērtēti vides riski var radīt gan neatgriezeniskas sekas vidē, gan pasliktināt nozīmīgas sabiedrības daļas dzīves kvalitāti. Satiksmes infrastruktūras ekoefektīva, kvalitatīva un stratēģiski pareizi pozicionēta attīstība ir pamats ekonomikas izaugsmei katrā reģionā un Latvijā kopumā. Minētie apstākļi daudzkārt palielina IVN nozīmi, sarežģītību un kvalitātes prasības – tiem jābalstās jaunākajās zinātnes atziņās, sinerģiski jāiekļauj nacionāla līmeņa stratēģijas un reģionāla līmeņa telpiskās attīstības plānojumi.

Tā kā ietekmes uz vidi novērtējuma rezultāti un saskaņā ar tiem radītā ceļu infrastruktūra ietekmē sabiedrības labklājību un Latvijas sociālekonomisko attīstību ilgtermiņā, tad šī promocijas darba rezultātā radītā indikatoru pieeja un līmeņatzīmes metodes pielietošana izmantošana IVN procesā var būtiski uzlabot ceļu būves nozares finanšu ieguldījumu efektivitāti nākamo 20 gadu laikā, kā arī sabiedrības dzīves kvalitāti. Līmeņatzīmes metodes ieviešana IVN ir ekonomiski izdevīga, neprasa lielus finanšu līdzekļu ieguldījumus, kā arī tās rezultātu ticamība ir augsta. Metode balstās uz faktisku vides parametru mērījumu rezultātiem.

Promocijas darba rezultātā ir izstrādāta IVN metodika autoceļu projektu novērtēšanai, kas balstīta uz konkrētiem datiem. Tādējādi tiek samazināts risks iespējamajām spekulācijām ar informāciju un tās interpretācijas variācijām, tā vietā sniedzot sabiedrībai un lēmuma pieņēmējiem skaitliski izteiktus, pārbaudāmus datus. Metodika promocijas darbā ir aprobēta un izmantojama praktiski.

DARBA MĒRĶIS UN UZDEVUMI

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt autoceļu ietekmes uz vidi novērtējuma metodiku, kas balstās uz vides parametru un vides indikatoru sistēmu.

Darba mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi uzdevumi:

- 1) izanalizēt vides parametru un indikatoru lietojumu autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumos, izstrādāt objektīvu indikatoru apstiprināšanas metodi un aprobēt to;
- 2) veikt mērījumus brīvi izvēlētu vides parametru izmaiņu novērtēšanai pēc jauna autoceļa izbūves, izveidot metodi vides indikatoru kā raksturlielumu izmantošanai tālākai ietekmes uz vidi vērtēšanai;
- 3) atrast empīrisku vienādojumu, kas matemātiski apraksta sakarību starp izvēlētā vides indikatora vērtību izmaiņām atkarībā no neatkarīgajiem mainīgajiem;
- 4) izstrādāt vides indikatoru līmeņatzīmes metodes algoritmu, ņemot vērā autoceļu inženiertehniskos un vides aspektus;
- 5) izveidot vides indikatoru līmeņatzīmes metodi, izmantojot datus no 14 autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumiem Latvijā un salīdzināt tos ar brīvi izvēlētu vides indikatoru mērījumu rezultātiem;
- 6) izstrādāt rekomendācijas ietekmes uz vidi novērtējumu kvalitātes paaugstināšanai.

Rezultātā sagatavota vienota indikatoru līmeņatzīmes metodes matrica autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumam, lai novērtējumā sniegtā informācija būtu konkrēta, salīdzināma, kontrolējama, pārbaudāma un

objektīva. Indikatoru metodes lietojums var sniegt lielu metodisku un informatīvu atbalstu IVN izstrādātājiem, sabiedrībai un lēmumu pieņēmējiem.

PĒTĪJUMA METODIKA

Promocijas darba izstrādē ir izmantotas vispārpieņemtās kvantitatīvās un kvalitatīvās datu analīzes metodes, to skaitā statistiskās datu apstrādes, datu grupēšanas, datu regresijas analīzes, induktīvi deduktīvās datu analīzes metodes. Zinātniskajā darbā ir izmantotas salīdzinošās, analītiskās un grafiskās metodes, ar kuru palīdzību autore salīdzināja un analizēja faktus, kā arī vērtēja konkrētu jautājumu risinājumus. Datu vizualizācijai un uzskatāmībai promocijas darba autore izmantoja tabulas un attēlus.

Darbā ir aprakstīta autoceļu projektu ietekmes uz vidi metodika, definēti emisiju gaisā ietekmējoši raksturlielumi, aprakstīta līmeņatzīmes metodika, kas modificēta piemērošanai IVN mērķim – noteikt ietekmi uz vidi. Šajā gadījumā metode aprobēta uz NO_x, PM, CO emisiju gaisā un trokšņa novērtēšanu. Veikta pazemes ūdens kvalitāti un hidroģeoloģisko režīmu raksturojošo parametru lietojuma ietekmes uz vidi novērtējumā analīze un indikatoru izvēle līmeņatzīmes metodes aprobēšanai.

DARBA ZINĀTNISKĀS NOVITĀTES

Promocijas darbā izstrādāta ietekmes uz vidi vērtēšanas metode, kuras algoritmā iekļauti autoceļa ietekmes uz vidi indikatoru noteikšanas moduļi.

Promocijas darba izstrāde aizsākās ar vides parametru apstiprināšanu un vides indikatoru sistēmas izveidi autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumam. Piedāvātā indikatoru apstiprināšanas sistēma ļauj kvantitatīvi noteikt esošo vides stāvokli un veikt objektīvu, salīdzināmu un pārbaudāmu ietekmes uz vidi novērtējumu.

Promocijas darbā prezentēta izpētes metodika, kas ietver iegūto datu regresijas analīzi, datu statistisko apstrādi un vienfaktora empīrisko modeļu izveidi ar datorprogrammas STATGRAPHICS Plus palīdzību. Veicot autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumos iegūto datu matemātisko analīzi, iegūts empīriskais vienādojums un pārbaudīts tā adekvātums. Empīriskie modeļi ir iegūti kaitīgo emisiju gaisā un trokšņa indikatoriem atkarībā no autotransporta skaita. Tādējādi, balstoties uz brīvi izvēlētu vides indikatoru izveidi un vērtību noteikšanu, aprobēta vides indikatoru empīrisko modeļu izveides iespēja. Metodi iespējams izmantot arī citu vides indikatoru sistēmas komponentu empīrisko modeļu noteikšanai. Tā ļauj veikt vides piesārņojuma līmeņa prognozi pēc projekta ieviešanas un to var izmantot citu ietekmes uz vidi novērtējumā izmantotu aprēķina metožu rezultātu verifikācijai.

Promocijas darbā izstrādāta vides indikatoru apstiprināšanas sistēmas metodika, kuru iespējams izmantot jebkura objekta ietekmes uz vidi vērtēšanas modelēšanai.

DARBA PRAKTISKAIS LIETOJUMS

Promocijas darba rezultātam ir praktiska nozīme gan valstiskā (Vides un reģionālās attīstības ministrijas (VARAM) un Vides pārraudzības valsts biroja līmenī), gan reģionālajā un pašvaldību līmenī, vērtējot paredzēto saimniecisko darbību iespējamo ietekmi uz vidi. Darba rezultāti parāda IVN procesa pilnveidošanas iespējas, vides parametru un sekojoši arī indikatoru nozīmi un pielietojuma nepieciešamību IVN kā procesa pamatmērķu sasniegšanai. Salīdzinot vides indikatoru vērtības konkrēta plānotā projekta gadījumā ar līmeņatzīmes vērtībām, ir iespējams precīzi raksturot situāciju, kāda veidosies, ja paredzētā darbība tiks īstenota. Vides parametru un indikatoru līmeņatzīmes metodes pielietošana ietekmes uz vidi novērtējumā ļauj mainīt novērtējuma pieeju pēc būtības, tai skaitā, netieši nosakot IVN veicējam nepieciešamo zināšanu kompetenci, kā arī optimizējot IVN ziņojuma apjomu un saturu.

Izstrādātais modelis autoceļu ietekmes uz vidi novērtējumam ir svarīgs solis IVN ziņojumu kvalitātes uzlabošanai un novērtējuma metodikas pielietošanai. Tas ir adaptējams un pielietojams paredzēto darbību IVN arī citās tautsaimniecības nozarēs (piemēram, derīgo izraktnu ieguves projektiem, lopkopības objektu projektiem u. c.) Latvijā, Baltijas valstīs un Eiropā.

Promocijas darba rezultāti ir svarīgi arī zinātniskās izpētes turpināšanai un rezultātu ieviešanai. Metodiku var izmantot VARAM, Vides pārraudzības valsts biroja darbinieki, objektu projektētāji un zinātnieki, kā arī inženierzinātņu studiju programmās studējošie.

DARBA APROBĀCIJA

Par darba rezultātiem ir ziņots un tie ir apspriesti 5 vietējās un starptautiskās konferencēs. Promocijas darba rezultāti aprakstīti un analizēti 9 publikācijās, no kurām 4 ir starptautiski citējamās.

Autores piedalīšanās konferencēs:

1. RTU 53. starptautiskajā zinātniskajā konferencē ar stenda referātu „Analysis of indicators of environmental impact assessment for roads”, 2012. gada 11.–12. oktobrī, Rīgā.
2. Apvienotajā Pasaules latviešu zinātnieku 3.kongresā un Letonikas 4.kongresā sekcijā „Vides kvalitāte Latvijā: Esošais stāvoklis, izaicinājumi, risinājumi” ar referātu „Indikatoru apstiprināšanas metodes ietekmes uz vidi novērtējumam”, 2011. gada 25. oktobrī, Rīgā.

3. RTU 52. starptautiskajā zinātniskajā konferencē sekcijā „Environmental and Climate Technologies” ar referātu „Air Pollution Indicators for Motor Road EIA”, 2011. gada 12.–13. oktobrī, Rīgā.
4. Rēzeknes Augstskolas VIII Starptautiskajā zinātniski praktiskā konferencē „Vide. Tehnoloģija. Resursi.” ar referātu „Using of Indicators for Environmental Impact Assessment in Latvia and Necessity for Indicators Validation”, 2011. gada 20.–22. jūnijā, Rēzeknē.
5. RTU 50. starptautiskajā zinātniskajā konferencē ar referātu „The Analysis of Noise Level on Saulkrasti Bypass, Latvia”, 2009. gada 12.–16. oktobrī, Rīgā.
6. Daugavpils Universitātes 53. starptautiskās zinātniskās konferencē ar referātu „Indikatoru pielietošana ietekmes uz vidi novērtējumā Latvijā un to apstiprināšanas nepieciešamība”, 2011.13.-15. aprīlī, Daugavpilī.
7. Daugavpils Universitātes 51. starptautiskās zinātniskās konferencē ar referātu „Sabiedrības iesaistīšana ietekmes uz vidi novērtējuma (IVN) procesā un tās loma lēmumu pieņemšanā”, 2009. gada.15.-18. aprīlī, Daugavpilī.

PUBLIKĀCIJAS

1. Lieplapa L., Veidenbergs I., Blumberga D. An empirical study of analysis of indicators for roads impact assessment// Ecological Indicators: An International Journal, ISSN: 1470-160X – raksts pieņemts recenzēšanai 19.03.2013.
2. Lieplapa L., Blumberga D. Assessing methods of PM10 and NOx emission for EIA of roads// Management of Environmental Quality: An International Journal, Volume 23, Number 2, 2012. - pp. 163–172.
3. Lieplapa L., Blumberga D. Analysis of indicators of environmental impact assessment for roads// Riga Technical University 53rd International Scientific Conference dedicated to the 150th anniversary and The 1st Congress of World Engineers and Riga Polytechnical Institute/RTU Alumni – Riga: RTU, Institute of Energy Systems and Environment, Abstract Book, 2012. – p.6.
4. Lieplapa L., Blumberga D. Indikatoru apstiprināšanas metodes ietekmes uz vidi novērtējumam// Apvienotā Pasaules latviešu zinātnieku 3. kongresa un letonikas 4 kongresa sekcijas „Vides kvalitāte Latvijā: Esošais stāvoklis, izaicinājumi, risinājumi” referātu kopsavilkumu krājums – Rīga: RTU, 2011. –60.–61. lpp.

5. Lieplapa L., Blumberga D. Ietekmes uz vidi novērtējuma loma satiksmes drošības uzlabošanā un ekosistēmu fragmentācijas ar autoceļu tīklu samazināšanā Latvijas apstākļos// Daugavpils Universitātes 53.starptautiskās zinātniskās konferences materiāli - Daugavpils Universitāte, 2012. - 1.–9. lpp.
6. Lieplapa L., Blumberga D. Using of Indicators for Environmental Impact Assessment in Latvia and Necessity for Indicators Validation// Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference June 20-22, 2011. Volume I – Rezekne: Rezekne Higher Education Institution, 2011, - pp. 139–145.
7. Lieplapa L., Blumberga D. Indikatoru pielietošana ietekmes uz vidi novērtējumā Latvijā un to apstiprināšanas nepieciešamība// Daugavpils Universitātes 53.starptautiskās zinātniskās konferences tēzes - Daugavpils Universitāte, 2011.- 49.lp.
8. Zandberga A., Lieplapa L., Blumberga D. The Analysis of Noise Level on Saulkrasti Bypass, Latvia// 50th International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies. - Riga: Scientific Journal of Riga Technical University, 2009. – pp. 135–141.
9. Lieplapa L., Blumberga D. Sabiedrības iesaistīšana ietekmes uz vidi novērtējuma (IVN) procesā un tās loma lēmumu pieņemšanā// Daugavpils Universitātes 51.starptautiskās zinātniskās konferences tēzes – Daugavpils Universitāte, 2009. –43.lpp.

DARBA STRUKTŪRA UN APJOMS

Promocijas darbs ir izstrādāts latviešu valodā un sastāv no ievada, 4 nodaļām, secinājumiem un literatūras saraksta. Darba kopējais apjoms ir 100 datorsalikuma lappuses ar 45 attēliem un 20 tabulām. Literatūras sarakstu veido 133 literatūras avoti. Šajā kopsavilkumā netiek aplūkots promocijas darbā sniegtais literatūras apskats.

1. INDIKATORU METODES IZVEIDE IETEKMES UZ VIDĪ NOVĒRTĒJUMAM

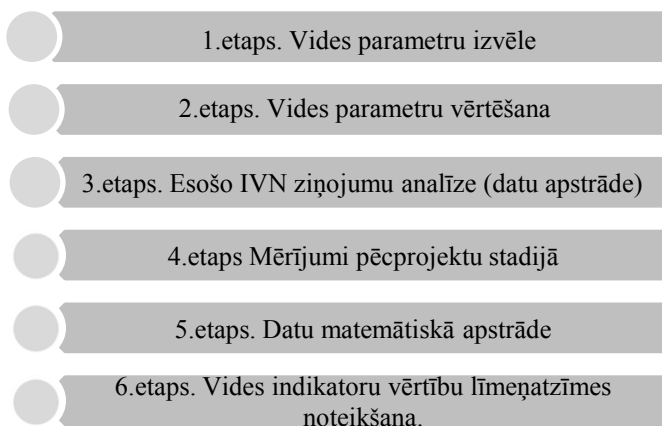
Ja ietekmes uz vidi novērtējums ir uzskatāms par sava veida sietu, caur kuru ir jāšķiro dažādu vides jomu un faktoru būtiskums, tad vides indikatorus var uzskatīt par sieta mezglu punktiem. Literatūras avotu apskats liecina, ka paredzēto darbību ietekmes uz vidi novērtējumu var veikt, balstoties uz 3 atšķirīgām pieejām:

1. pamatojoties uz ekspertu vērtējumu;
2. izmantojot vides indikatorus;
3. kombinējot abas pieejas.

Piedāvātajā IVN metodikā ir izmantoti šādi svarīgi termini, kas nosaka ietekmes uz vidi novērtējuma raksturlielumus:

- *vides faktori*: gaiss, augsne, ūdens, ģeoloģiskā vide, biotiskā vide, reljefs u. c.;
- vides kvalitāti raksturojoši lielumi:
 - *vides parametri*: emisijas gaisā, ūdenī un augsnē, trokšņu līmenis u. c. (iegūstami ar tiešiem mērījumiem vai aprēķiniem),
 - *vides indikatori* jeb kritēriji: īpatnējās emisijas gaisā, ūdenī un augsnē, īpatnējais trokšņu līmenis u. c. (iegūstami kā matemātiska sakarība starp vides parametra vērtību un mainīgo lielumu).

Promocijas darbā aprakstītā ietekmes uz vidi novērtējuma metode attīsta pakāpenisku un elastīgu darbības apkopojumu 6 etapos, kas ilustrēti 1.1. attēlā. Etapi atspoguļo metodes izstrādes gaitu un iegūto rezultātu pēctecību, uz kā balstās katrs nākamais etaps. Metodes pamatā ir līdzšinējās ietekmes uz vidi novērtējuma veikšanas tradīciju un pieredzes, IVN vērtēto vides aspektu un vidi raksturojošo rādītāju (parametru un indikatoru) izmantošanas analīze. Rezultātā ir izveidota indikatoru sistēma, kas tālāk attīstīta, izmantojot iegūto (savākto, aprēķināto un mērīto) datu skaitlisko vērtību apstrādi un līmeņatzīmju noteikšanu.



1.1.att. Ietekmes uz vidi novērtējuma metodes izstrādes etapi

1.etaps. Pirmais solis indikatoru sistēmas izveidei ir vides parametru izvirzīšana. Darbā izmantota ekspertu metode, parametru atlasī veicot pēc pieredzes, apsvērumiem un literatūras avotos aprakstītiem vides izmaiņas raksturojošiem lielumiem. Katram vides faktoram ir apkopoti līdzšinējos ietekmes uz vidi novērtējumos izmantotie vides parametri, kā arī literatūras avotos minētie raksturīgākie rādītāji. Vides parametrus un indikatorus izvēlas konkrētai objektu grupai - autoceļiem.

Parametru lietošanu ietekmes uz vidi novērtējumam parasti izvēlas eksperti, kas veic IVN. Ir 2 veidu vides parametri:

- 1) parametri, kuru robežvērtības nosaka LR normatīvie dokumenti,
- 2) parametri, kas ir vispāratzīti un nozaru ekspertu izvirzīti.

2.etaps. Visiem izvēlētajiem parametriem veikts to *nozīmīguma* un *būtiskuma* vērtējums. *Nozīmīgums* izsaka parametra svarīgumu konkrēto ietekmju raksturošanai, kas ir vispārzināms, zinātniski un praktiski pamatots ar konkrētiem datiem. Parametru nozīmīgums vērtēts pēc skaitļu skalas no 0 līdz 5.

Parametra *būtiskums* izsaka parametra praktisko izmantošanu ietekmju novērtēšanā. Tas noteikts ar ekspertu metodi, parametrus novērtējot pēc vērtību skalas:

- būtisks jeb tiek lietots (+2);
- nebūtisks jeb netiek lietots (-2).

Būtiskuma izvērtējumu veic visiem izvēlētajiem parametriem.

Kvantitatīvajā ietekmes uz vidi novērtēšanā un vides parametru izvēlē galveno lomu spēlē divu veidu dati :

- mērījumu dati, kas iegūti objekta pirmsprojekta jeb izpētes stadijā vai monitoringa rezultātā.
- dati, kas ir iegūti esošajos līdzīgu objektu vai nozares ietekmes uz vidi vērtējumu ziņojumos;

3.etaps. Esošo IVN ziņojumu apstrāde. 14 autoceļu projektu datu analīze no to ietekmes uz vidi novērtējuma ziņojumiem (laika posmā no 2000. līdz 2010. gadam):

- veikta IVN ziņojumos iegūto datu apstrāde;
- analizēts un apkopots, kādi vides kvalitāti raksturojoši parametri ir vērtēti, to detalizācijas pakāpe (kvantitatīvs vai kvalitatīvs vērtējums);
- apkopotu dati par būtiskākajiem vides parametriem: esošo un prognozēto transporta plūsmu, esošo un prognozēto trokšņa līmeni un emisijām gaisā.

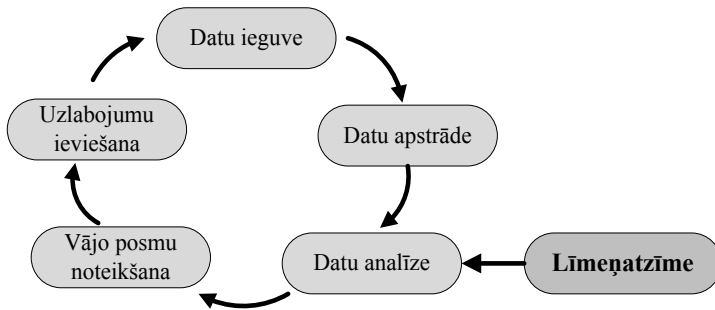
4.etaps. Mērījumi, kas tiek veikti pēcprojekta stadijā vai monitoringa rezultātā, paver plašu iespēju ne tikai iegūt apstiprinājumu tam, vai IVN ziņojums atbilst patiesajai situācijai un kāda ir datu saistība ar neatkarīgajiem mainīgajiem, kuri ir aplūkoti ietekmes uz vidi vērtējumos objekta pirmsprojekta stadijā. Šoreiz izvēlēta autoceļu ietekmes uz vidi vērtēšana, kas saistīta ar emisiju mērījumiem gaisā, ūdenī un augsnē, kā arī trokšņiem, bioloģisko daudzveidību un dzīvnieku uzvedības maiņu.

5.etaps. Balstoties uz savāktajiem un matemātiski apstrādātajiem datiem, veikta to matemātiskā analīze, izmantojot matemātiskās statistikas metodi – regresijas analīzi. Analizētas autoceļu radīto emisiju daudzumu izmaiņas atkarībā no autotransporta skaita un citu parametru izmaiņām. Veikta regresijas analīzes korekta lietojuma nosacījumu pārbaude, aplūkojot atkarīgo mainīgo sadalījumu likumu. Iegūto matemātisko sakarību izmanto vienotas indikatoru sistēmas veidošanai un optimizācijai projektējamā objekta ietekmes uz vidi novērtējuma procesā.

6.etaps. Vides indikatoru vērtību līmeņatzīmes noteikšana. Dati tika analizēti un izmantoti līmeņatzīmes metodes aprobācijai. Līmeņatzīmes metodes aprobācijā tika izmantoti gaisa kvalitātes izmaiņas raksturojošie indikatori, trokšņa rādītāji un to sakarība ar autotransporta skaitu.

Līmeņatzīmes metodes izstrādei izmantoti dati par esošo vides stāvokli un satiksmes intensitāti. Metode demonstrē pietiekami augstu ticamības varbūtību. Tā ir matemātiskās statistikas metode datu analīzei un salīdzināšanai, kuras pamatā ir datu regresijas analīze. Metodes izstrādes mērķis ir izmantot to

IVN procesā vides stāvokļa izmaiņu noteikšanai un prognozei pēc projekta ieviešanas, kā arī pētāmā objekta vājo posmu noteikšanai attiecībā uz vides aizsardzību un ilgtspējību (1.2. att.).



1.2.att. Līmeņatzīmes metodes izmantošanas principiālā shēma

Līmeņatzīmes metodi var pilnveidot, izmantojot vides parametrus, kas precīzāk apraksta piesārņojošo vielu emisiju koncentrācijas gaisā autoceļu izbūves gadījumā, vērtējot to ietekmi uz vidi.

Lai noskaidrotu gaisa kvalitātes izmaiņas, būvējot jaunus vai rekonstrējot vecos autoceļus, ietekmes uz vidi novērtējuma kontekstā darbā ir apskatīti trokšņa un trīs gaisa kvalitātes vides parametri:

- cieto daļiņu (PM) koncentrācija gaisā, kas attiecināta uz automašīnu skaitu;
- slāpekļa oksīdu (NO_x) koncentrācija gaisā, kas attiecināta uz automašīnu skaitu;
- tvaņa gāzes (CO) koncentrācija gaisā, kas attiecināta uz automašīnu skaitu.

Gaisa kvalitātes raksturlielumu jeb šī vides parametra izmaiņas autoceļa ietekmes rezultātā raksturo, ievērojot sakarību (1.1):

$$C = Cf + Ca, \quad (1.1)$$

kur

C – gaisa kvalitātes raksturlielums;

Cf – fona kvalitāte (pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas);

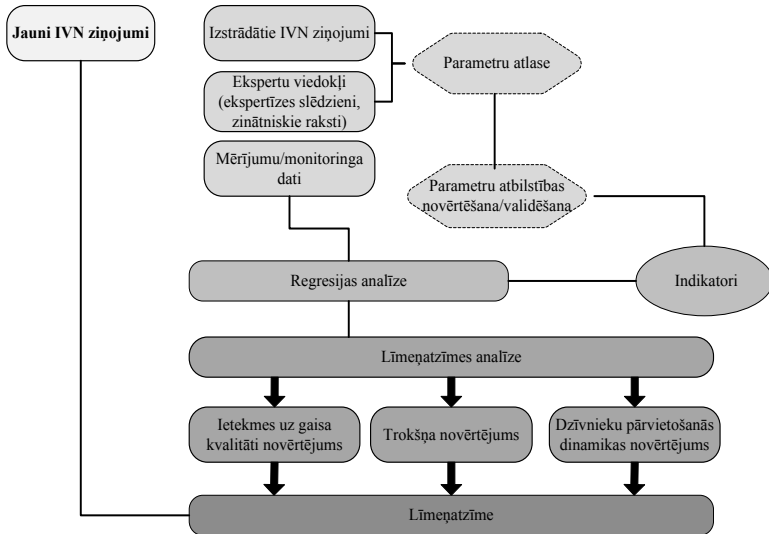
Ca – autoceļa radītā ietekme.

Līmeņatzīmes metodes aprobācija tika īstenota, analizējot divu veidu datus par autotransporta radītām CO, NO_x un PM emisijām un troksni:

- esošā vides stāvokļa noteikšanai mērītos vai aprēķinātos datus;

- b) vides stāvokļa izmaiņu pēc paredzētās darbības (autoceļa izbūves vai rekonstrukcijas) ieviešanas noteikšanai aprēķinātos (prognozētos ar datorprogrammu EnviMan) datus.

Ietekmes uz vidi novērtējumam piedāvātās indikatoru līmeņatzīmes metodes vispārīgs algoritms sniegts 1.3.attēlā, kas atspoguļo indikatoru sistēmas izveides un līmeņatzīmes vērtību noteikšanas procesu.



1.3.att.Darba metodikas algoritms

Indikatoru lietošana IVN ietvaros palīdz gan lēmuma pieņēmējiem, gan projekta īstenotājiem, uzraudzības institūcijām un noteikti arī sabiedrībai kopumā gūt viennozīmīgu priekšstatu par autoceļa projekta iespējamajām ietekmēm uz vidi. Rezultātā iegūti skaidri IVN nosacījumi, kas izpildāmi, vērtējot līdzīgu projektu ietekmes uz vidi, t. i., iespēju robežās ar kvantitatīvām metodēm nosakāmas visu apstiprināto vides parametru, kas veido vides indikatoru sistēmu, skaitliskās vērtības. Tas nodrošinās datu salīdzināmību, datubāzes veidošanu indikatoru līmeņatzīmes metodes ieviešanai praksē un pilnveidošanai. Līmeņatzīmes metode, kas balstīta uz ticamu datu korelāciju, ļaus prognozēt iespējamās ietekmes vienkāršāk, ātrāk un ekonomiski izdevīgāk, ietekmju prognozi detalizējot ar citām matemātisko aprēķinu metodēm.

2. METODES TESTĒŠANA

Šajā darbā IVN objektu grupa ir autoceļu projekti. Pētījums sastāv no vairākām daļām, kas ietver vides parametru izvēli, to apstiprināšanu, vides

indikatoru sistēmas un līmeņatzīmes metodes izveidi Latvijas kontekstā, radot iespēju rezultātu izmantošanas robežas paplašināt Baltijas un Eiropas mērogā. Iegūtie rezultāti kalpo par pamatu turpmākajiem pētījumiem, izvēloties un piemērojot praksē indikatoru validēšanas metodes. Darba tālākais lietojums un attīstība ir jāaplūko gan vertikālā, gan horizontālā dimensijā. Šī pētījuma vertikālā plakne ilustrēta kā ietekmes uz vidi novērtējums pēc vienotas vides indikatoru sistēmas, kas uzlabotu IVN ziņojumu kvalitāti un mazinātu to subjektīvismu. Horizontālā dimensija izteikta ar noteiktas objektu grupas (autoceļu projektu) izvēli vides indikatoru sistēmas izveidei un rezultātu pārņemšanas iespējām uz līdzīgas saimnieciskās darbības projektiem.

Promocijas darbā literatūras apskatā sniegta plaša informācija par autoceļu ietekmes uz vidi veidiem, ietekmju būtiskumu un tās raksturojošiem lielumiem un sakarībām (skat. darba 1. nodaļu).

2.1. Vides parametru un indikatoru sistēmas izveide

Pirmais solis indikatoru sistēmas izveidei ir vides parametru noteikšana un pārveide par vides indikatoriem.

Darbā izmantota ekspertu metode, parametru atlasīti veicot pēc pieredzes, apsvērumiem un literatūras avotos aprakstīto pētījumu rezultātiem. Vispirms noteikti autoceļu ietekmētie vides faktori, ņemot par pamatu praktiski veiktus 14 autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumus. Katram vides faktoram apkopotī raksturīgākie vides parametri.

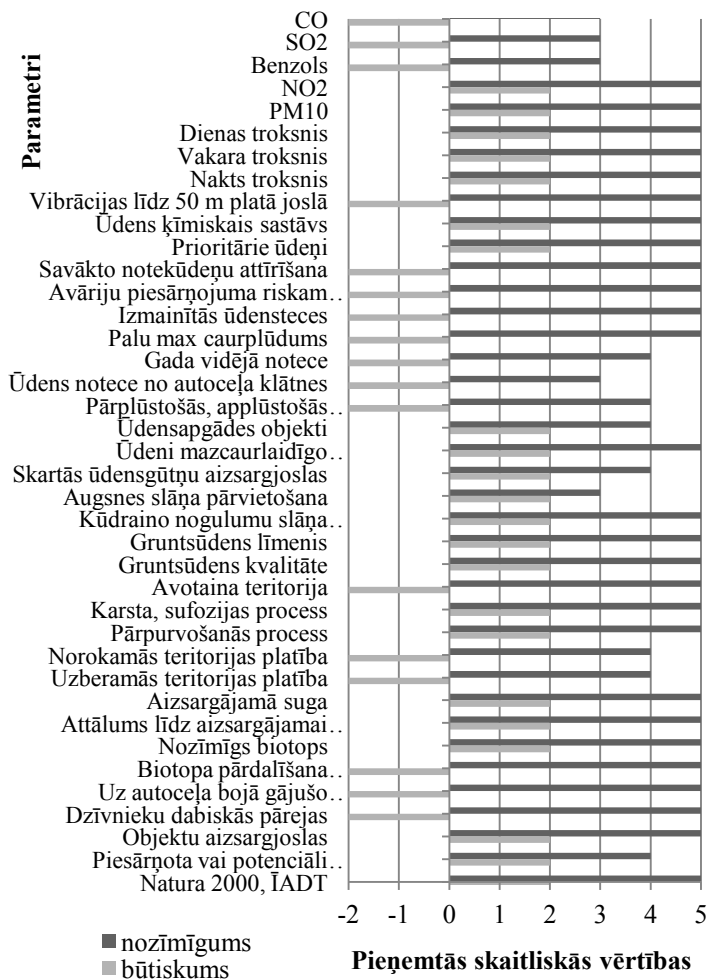
Visiem izvēlētajiem parametriem veikts to nozīmīguma un būtiskuma vērtējums, kuru nozīme praksē veiktajos IVN ziņojumos atšķiras. No vienas puses, nozīmīgums parāda vides parametra zinātniski un praktiski pierādīto vērtību, to lomu ietekmju raksturošanā, tad būtiskums – praktisko parametra lietojumu. Nozīmīguma un būtiskuma salīdzināšana dod iespēju novērtēt tos vājos posmus IVN praksē, ko nepieciešams pilnveidot, lai IVN gala rezultāts būtu neformāls, objektīvs un visām iesaistītām pusēm saprotams.

Izvēlēto vides parametru būtiskuma izvērtējums, kas šajā gadījumā ir pielīdzināms praktiskam parametra pielietojumam autoceļu projektu IVN, veikts pēc novērtējuma skaitļu skalas no -2 līdz +2.

Analīze liecina, ka tikai 58% (32 parametri) no autoceļu projektu novērtējumam izvirzītajiem 55 parametriem ietekmes uz vidi novērtējumos Latvijā tiek analizēti - ir būtiski.

Vides parametru vērtējuma rezultātu salīdzinājums atspoguļots 2.1. attēlā. Tas parāda, ka daudzi parametri (13 no 39 parametriem), kuru nozīmīgums ir novērtēts kā augsts (4 un 5 balles), ietekmju izvērtējumā netiek lietoti – tie atzīti par nebūtiskiem. Piemēram, parametrs “dzīvnieku dabiskās pārejas” (mērvienība – skaits) lielā daļā IVN ziņojumu tiek pieminēts, bet

faktiski nav konkrētu datu, kur un cik tādu migrācijas (pārvietošanās) vietu plānotajā autoceļa trasē ir un kādi dzīvnieki tās izmanto. Tāpēc tā būtiskums atzīts kā pietiekami nenovērtēts jeb nebūtisks (-2) IVN praksē (Latvijā), lai gan starptautiski ir atzīts šī parametra nozīmīgums.

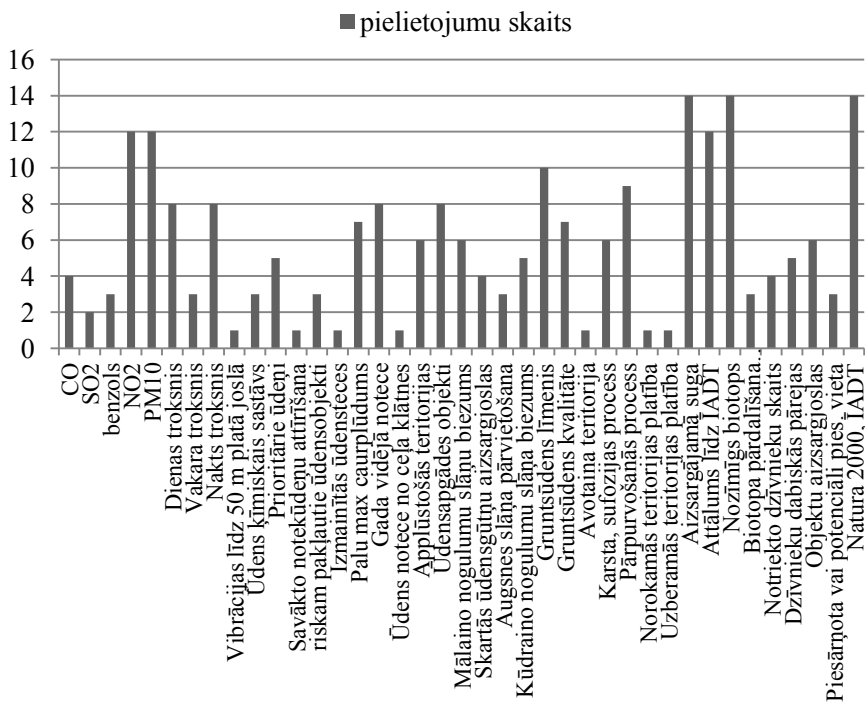


2.1. att. Vides parametru vērtējums pēc ekspertu metodes

Minētās problēmas vairāk ir vērojamas pēdējos gados veiktajos IVN ziņojumos. Tādēļ šajā pētījumā uzskatīts, ka parametrs tiek lietots tajā gadījumā, kad tam ir vērtējums (skaitlisks vai aprakstošs). Lietojuma analīzes

rezultāti (2.2. att.) atspoguļo hipotēzes patiesumu, ka vienota parametru un uz to bāzes izveidota indikatoru sistēma līdzīgas saimnieciskās darbības projektu (piemēram, autoceļu) ietekmes uz vidi novērtēšanā uzlabos IVN ziņojumu kvalitāti un ļaus izvairīties no subjektīviem pieņēmumiem. Kā redzams 2.2. attēlā, 36 % jeb 14 no 39 no šajā darbā analizētajiem vides parametriem ir izmantoti tikai pusē (7 no 14) IVN ziņojumu. Vēl jo vairāk – dažos IVN ziņojumos vairāku vides faktoru izvērtēšana netiek balstīta uz parametru analīzi.

Secināms, ka IVN ziņojumi ir vairāk aprakstoši un nesniedz viennozīmīgu priekšstatu par projekta iespējamajām ietekmēm, un tas neatvieglo lēmuma pieņemšanu.



2.2. att. Vides parametru lietojums autoceļu projektu IVN ziņojumos

Šo izvirzīto un vērtēto 39 vides parametru apkopojums ir pamats vienotai indikatoru sistēmai, kas tiek piedāvāta autoceļu projektu izvērtējumam un IVN metodikas optimizācijai.

Darba rezultāti liecina par to, ka praksē IVN kvalitāte ir atkarīga no IVN veicēju kvalifikācijas un profesionālās pieejas šim procesam, t. i., vides stāvokli un tā izmaiņas raksturojošo parametru izmantošana tiek atstāta ekspertu ziņā. Viena un tā paša vides faktora raksturošanai tiek izmantotas atšķirīgas pieejas – ignorējoša, atrakstoša, aprakstoša vai skaitliski novērtēta, kas var ietekmēt arī IVN ziņojuma kvalitāti un sabiedrības uzticību IVN rezultātiem. Šāda pieeja neļauj vai samazina iespēju projekta alternatīvas salīdzināt un novērtēt pēc vides parametriem vai indikatoriem, kā arī nav atskaites punkta vides stāvokļa kontrolei projekta ieviešanas un ekspluatācijas laikā. Tas vēlreiz apliecina indikatoru izvēles svarīgumu kvalitatīvam IVN un vienotas vides indikatoru sistēmas izveides – parametru apstiprināšanas un kritēriju izvirzīšanas – nepieciešamību.

2.2. Vides parametru mērījumi

Lai novērtētu autoceļu projektu IVN ietvaros veikto prognožu atbilstību faktiskajai vides kvalitātei pēc projekta ieviešanas, tika veikts eksperiments vides parametra - trokšņa lieluma novērtēšanai, kā arī satiksmes intensitātes noteikšanai uz jaunuzbūvēta autoceļa posma, kam ir veikts IVN.

Par eksperimenta īstenošanas objektu tika izvēlēts Saulkrastu apvedceļš. Tas ir pirmais kopš neatkarības atgūšanas no jauna būvētais autoceļa posms Latvijā. VIA Baltica ietvaros būvētā apvedceļa kopgarums ir 20,24 km. Apvedceļa būvniecība veikta, lai atslogotu Saulkrastu pilsētu no automobiļu satiksmes, galvenokārt – no tranzītsatiksmes: no vieglā autotransporta par 50 %, no kravas transporta par 100 %. Ceļš nodots ekspluatācijā 2007. gadā.

Visi mērījumi īstenoti saskaņā ar ISO standartos noteiktajām prasībām. Zemāk ilustrēts piemērs trokšņu un satiksmes intensitātes mērījumu veikšanas nosacījumiem.

2.2.1. Trokšņa mērījumu metode

Autotransporta radītā trokšņa L_{diena} lieluma mērījumi veikti 2010. gada februārī un martā (ziemas un pavasara periodā) dienas laikā uz Saulkrastu apvedceļa 4 mērījuma punktos. Katrā punktā tika veikti 5 mērījumi.

Mērījumu robežu noteikšanai tika pieņemts vislielākais prognozētais rādītājs ietekmes faktoram ar visplašāko diapazonu – trokšņu emisijai, kas ietekmē atpūtas zonas un rajonus ar sabiedriskām iestādēm. Pieņēmums balstās uz to, ka skaņas izplatīšanās parasti ir ceļu satiksmes radītais efekts (ietekme), kas sniedzas vistālāk.

Vides trokšņa novērtēšanas kārtība noteikta LR MK 13.07.2004. noteikumos Nr.597 un, veicot mērījumus uz Saulkrastu apvedceļa, tie tika ņemti vērā. Novērtējot trokšņa rādītājus, tiek pieņemts, ka dienas ilgums ir 12 stundas, un tā ilgst no plkst. 7.00 līdz 19.00. Novērtējot trokšņa rādītāju L_{diena} , ņem vērā

tiešo skaņu, bet neņem vērā skaņu, kas atstarojas no konkrētās ēkas fasādes (mērījumu koriģē par mīnus 3 dB (A)). Mērījumus veic 1,5 m augstumā no zemes virsmas, bet rezultātus koriģē, pielīdzinot 4 m augstumam no zemes virsmas. Mērījumu ilgums ir ne mazāks kā 3 minūtes. Mērījumu vieta nedrīkst būt krustojums, kā arī jāizvairās no meža tuvuma, jo meža siena atstaro skaņu. Mērījumi nedos objektīvu rezultātu tādos apstākļos, kad autoceļa klātne ir slapja. Mērījumus veic pie maza vēja ātruma, un būtu jāizvēlas daudzveidīgākas vietas. Vides trokšņa mērījumus veic ar kalibrētiem mērīšanas instrumentiem.

Darba ietvaros analizētie mērījumu dati tika iegūti reālos apstākļos uz A1 autoceļa posmā Lilaste-Skulte (Saulkrastu apvedceļa), nosakot autotransporta radīto troksni – *Leq* rādītāju ar skaņas līmeņa mērītāju un analizatoru SVAN 945A. Mērīinstrumenti ir paredzēti vispārīgiem akustikas mērījumiem un vides trokšņa monitoringam. Skaņas intensitātes izšķirtspēja ir 0,1 dB. Trokšņu mērītājam SVAN 945A mērījuma kļūda ir $\pm 0,7$ dB. Mērījumu rezultātu nenoteiktība ir noteikta ± 3 dB robežās, un tā bija atkarīga no cilvēciskās kļūdas.

Mērot troksni, jāreķinās gan ar skaņas atstarošanu, gan absorbēšanu. Mērījuma punktu izvēlas vietā, kur skaņa neatstarojas pret māju fasādēm vai kādu citu šķērslī. Ja šādu vietu atrast neizdodas, tad tas jāņem vērā rezultātu analizē. Trokšņa lielumu ietekmē arī vēja virziens un ātrums. Ja palielinās attālums no trokšņa avota, strauji samazinās noteiktības pakāpe, kādā trokšņa līmeni var novērtēt. Trokšņa mērījumu objekta attālums no ceļa visos gadījumos nebija vienāds.

2.2.2. Satiksmes intensitātes noteikšana

Starptautiskajā praksē satiksmes intensitāti mēra ar speciālām kamerām, bet, ja to dara manuāli, ir ieteicamas 3 mērījumu grupas: darba dienas, nedēļas nogale un svētku dienas. Lai izmērītu normālu un augstu satiksmes intensitāti, nedēļas nogales parasti neņem vērā, jo satiksmes intensitāte tajās ir mazāka. Tas neattiecas uz svētku dienām, jo parasti šajās dienās satiksme ir normāla vai augsta. Normālu un augstu satiksmes intensitāti definē, ņemot vērā mēneša periodu. Var izvēlēties visas dienas, izņemot svētku dienas, vai tikai darba dienas. Darba dienas var izvēlēties tika tad, ja zina, ka nedēļas nogalēs satiksme ir mazāka nekā darba dienās.

Satiksmes intensitātes uzskaitē eksperimenta veikšanas vietā uz Saulkrastu apvedceļa tika veikta vienlaicīgi ar trokšņu mērījumiem tajos pašos 4 mērījumu punktos:

- Medzābakos,
- Saulainajā ielejā,
- Pārupes ielā,

- Kuršos.

Katrā punktā satiksmes intensitāti mērīja 1 stundu, vizuāli uzskaitot autotransporta līdzekļus ik pēc 20 minūtēm un datus reģistrējot lauka žurnālā. Uzskaitē notika 5 darba dienas laika posmā no 4.marta līdz 1.aprīlim, no plkst.10.00 līdz plkst. 20.00. Eksperimenta veikšanas punktos autotransporta uzskaites laiks pa dienām tika mainīts, lai iegūtu pilnīgāku ainu par satiksmes intensitāti konkrētajā ceļa posmā. Atsevišķi tika skaitītas smagās mašīnas, vieglās mašīnas, sabiedriskais transports un motocikli. Iegūtie rezultāti tika izmantoti vides indikatoru lielumu noteikšanai.

2.3. Indikatoru modeļi un to parametru noteikšana

Darba mērķis ir ar vienfaktora lineāru un nelineāru modeļu palīdzību, veicot regresijas analīzi, noskaidrot parametru saistību, lai izvēlētos regresijas vienādojuma veidu. Vislabākā vienādojuma izvēle veikta, pamatojoties uz korelācijas koeficienta un korelācijas koeficienta kvadrāta vērtībām.

Indikatoru modeļiem izvēlēti trokšņa un gaisa piesārņojumu no autoceļiem galvenie raksturojošie rādītāji - cieto daļiņu PM10, oglekļa oksīdu un slāpekļa oksīdu koncentrācija. Lai noteiktu vislabākos modeļus (regresijas vienādojumus) šo parametru izmaiņu atkarībai no automašīnu plūsmas, ir veikta mērījumu un aprēķinu rezultātā iegūto datu statistiskā analīze, izmantojot vienfaktora (vienkāršās) regresijas analīzes metodes. Dati iegūti eksperimentā mērījumu ceļā un no 14 autoceļu projektu IVN ziņojumiem. Darba rezultāti parāda izvēlēto modeļu adekvātumu un izmantojamību vides indikatoru aprakstam to izmaiņu robežās.

Lai varētu salīdzināt autoceļu ietekmi uz vidi un noteiktu vides indikatoru vērtību atkarībā no neatkarīgā mainīgā satiksmes intensitātes, izvēlēti vides indikatori, kas raksturo īpatnējās vides piesārņojuma vērtības:

- trokšņa indikators – trokšņu vērtības attiecinātas pret automašīnu skaitu;
- cieto daļiņu emisiju indikators – cieto daļiņu emisiju vērtības attiecinātas pret automašīnu skaitu;
- oglekļa oksīda emisiju indikators – oglekļa oksīda emisiju vērtības attiecinātas pret automašīnu skaitu;
- slāpekļa oksīda emisiju indikators – slāpekļa oksīda emisiju vērtības attiecinātas pret automašīnu skaitu.

Visu indikatoru izmaiņām noteikti 95 % ticamības intervāli vidējai un individuālai indikatora vērtībai. Ar modeļa palīdzību veikto aprēķinu nenoteiktību raksturo vidējās vērtības (regresijas līknes) ticamības intervāls,

savukārt jaunu mērījumu nenoteiktību prognozēm izmantojams indikatoru individuālās vērtības intervāls.

Ticamības intervālu aprēķini un grafiskais attēlojums veikts ar datorprogrammas STATGRAPHICS Plus palīdzību. Pārējo aplūkojamo indikatoru ticamības intervāli noteikti analogiski, tāpēc parādīti tikai to grafiskie rezultāti.

2.3.1. Trokšņa indikatora izmaiņas

2.3.1.1. Trokšņa indikatora modeļa noteikšana un tā parametri

Lai iegūtu vienādojumus indikatoru izmaiņu noteikšanai atkarībā no transporta plūsmas, empīrisko datu apstrāde tika veikta, izmantojot datu statistiskās apstrādes metodes – korelācijas un regresijas analīzi. Darbā datu statistiskā apstrāde un vienfaktora empīrisko modeļa izveide veikta ar datorprogrammas STATGRAPHICS Plus palīdzību.

Viens no būtiskākajiem datu statistiskās analīzes jautājumiem ir apstrādājamo datu kopas apjoms: cik lielai tai ir jābūt, lai tā būtu reprezentatīva un dotu iespēju adekvātu empīrisko modeļu noteikšanai. Mērījumu skaitam ir jābūt 10 līdz 20 reizes lielākam par regresijas vienādojuma neatkarīgo mainīgo (faktoru) skaitu. Viena faktora regresijas vienādojumos mērījumu skaits ir aptuveni 10. Trokšņa indikatora izmaiņu noteikšanā izmantotās datu kopas apjoms ir 20.

Neatkarīgo (automašīnu plūsma) un atkarīgo (indikator) mainīgo lielumu savstarpējās saites ciešumu (korelāciju) var novērtēt ar korelācijas koeficienta palīdzību. Viena faktora matemātiskā modeļa gadījumā tā aplēsēm izmanto Pīrsona izteiksmi (2.1):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(m-1)S_x \cdot S_y}, \quad (2.1)$$

kur

x_i, y_i – neatkarīgie lielumi un tiem atbilstoši atkarīgo lielumu pāri;

\bar{x}, \bar{y} – neatkarīgo un atkarīgo lielumu vidējās aritmētiskās vērtības;

S_x, S_y – lielumu izlases dispersijas.

Ar korelācijas koeficientu palīdzību vērtē, cik precīzi ir korelācijas ciešumu raksturojošie matemātiskie modeļi. Tiek uzskatīts, ka korelācija ir laba, ja korelācijas koeficienti ir robežās no 0,8 līdz 0,9. Jāatzīmē, ka datu statistiskās apstrādes datorprogrammās parasti rēķina korelācijas koeficienta kvadrātu (R^2).

Ja R^2 vērtību reizina ar 100, tad iegūst lielumu (procentos), kas raksturo ar regresijas vienādojumu aprakstītas analizējamo atkarīgo mainīgo lielumu izmaiņas. Piemēram, $R^2 = 0,9$ norāda, ka aplūkojamais regresijas vienādojums raksturo 90 % no atkarīgo gadījuma lielumu izmaiņām.

Dažādu modeļu salīdzinoša analīze rāda, ka labāki parametri trokšņa indikatora izmaiņu noteikšanā ir nelineāra modeļa gadījumā.

$$Y = a \cdot X - b, \quad (2.2)$$

Virknē gadījumu modeļus, kuros mainīgie ir nelineāri lielumi, izmantojot attiecīgas mainīgo transformācijas, var pārveidot par lineāriem modeļiem. Modeļa (2.2) gadījumā, to logaritmējot, iegūst vienādojumu (2.3):

$$\ln(Y) = \ln(a) + b \ln(X), \quad (2.3)$$

kas ir lineārs vienādojums attiecībā pret mainīgo Y un X logaritmiem. Tādā veidā ir iegūts log–lineārs vai log-log modelis, un tam var izmantot lineāru modeļu vienfaktora regresijas analīzi. Logaritmējot izteiksmi (2.2), modeli linearizē un vienkāršo tā analīzi.

Modeļa parametru statistiskās būtības, kā arī paša modeļa novērtējums, dots 2.1. tabulā.

2.1.tabula

Nelineāra modeļa raksturojums troksnim

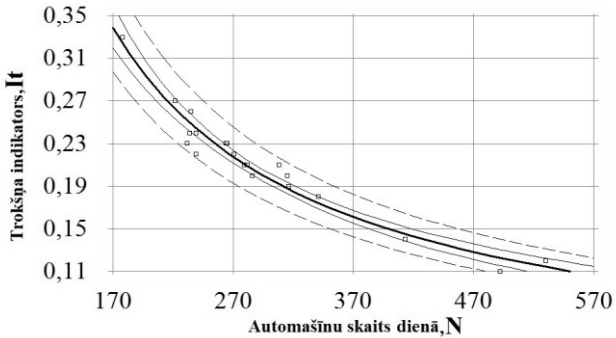
Regresijas analīze - multiplikatīvais modelis: $Y = a \cdot X^b$					
Atkarīgais mainīgais: It					
Neatkarīgais mainīgais: Nd					
Parametrs	Novērtējums	Standarta kļūda	T Statistika	P-Vērtība	
Krustpunkts	3,84032	0,273133	14,0613	0,0000	
Slīpums	-0,958303	0,0482229	-19,8724	0,0000	
PIEZĪME: krustpunkts = $\ln(a)$					
Dispersijas analīze					
Avots	Kvadrātu summa	Df	Vidējais kvadrāts	F-attiecība	P-vērtība
Modelis	1,24674	1	1,24674	394,91	0,0000
Sarpība	0,0568263	18	0,00315702		
Kopā (Corr.)	1,30356	19			

Noteiktā korelācijas koeficienta R vērtība ir -0,9779 un $R^2 = 95,64\%$. Tas nozīmē, ka vērojama cieša korelācija starp mainīgajiem lielumiem un noteiktais modelis apraksta 95,64 % no atkarīgā mainīgā It (trokšņa indikatora)

izmaiņām. Ar regresijas analīzes palīdzību noteiktais trokšņa indikatora izmaiņu modelis (regresijas vienādojums) ir:

$$It = 46,5403 \cdot N^{-0,9583}, \quad (2.4)$$

Vienādojumā (2.4) koeficienta $a = 46,54$ vērtībai atbilst lielums 3,84 (2.1.tab.). Šos lielumus saista izteiksme $\ln(46,54) = 3,84$. Vienādojuma (2.4) aprakstītās trokšņa indikatora izmaiņas grafiski parādītas 2.3. attēlā. Attēlā redzami arī ticamības varbūtībai 0,95 atbilstoši trokšņa indikatora It vidējās un individuālās vērtības ticamības intervāli.



2.3. att. Trokšņa indikatora izmaiņas atkarībā no automašīnu plūsmas un 95 % ticamības intervāli vidējai un individuālai indikatora vērtībai.

2.3.1.2. Regresijas modeļa novērtējums

Iegūtais regresijas vienādojums (2.4) ir analizējamo mainīgo lielumu sakarības matemātiskais modelis, kas ir jānovērtē. Novērtējumu veic ar dispersijas analīzes palīdzību, izmantojot Fišera kritēriju F . Šim nolūkam aplūko atkarīgā mainīgā lieluma dispersijas attiecību pret atlikuma dispersiju (2.5):

$$F(f_1, f_2) = \frac{S_y^2(f_1)}{S_{atl}^2(f_2)}, \quad (2.5.)$$

kur

$S_y^2(f_1)$ – atkarīgā mainīgā lieluma y dispersija;

$S_{atl}^2(f_2)$ – atlikuma dispersija.

Atlikumu nosaka kā starpību starp atkarīgo mainīgā lielumu un ar regresijas vienādojuma palīdzību aprēķināto vērtību $y_i - y_{iapr}$.

Brīvības pakāpes f_1 un f_2 aprēķina ar vienādojumiem (2.6):

$$\begin{aligned} f_1 &= m - 1, \\ f_2 &= m - n, \end{aligned} \tag{2.6}$$

kur

m – datu kopas apjoms;

n – neatkarīgo mainīgo skaits regresijas vienādojumā.

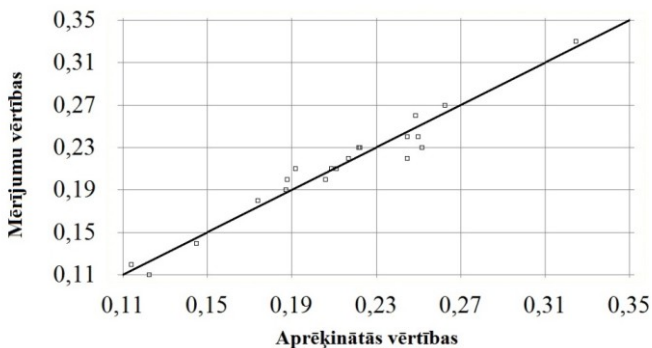
Ja F kritērija vērtība būs lielāka par kritisko, kuru nosaka no F sadalījuma tabulām, ņemot vērā brīvības pakāpes f_1 un f_2 , kā arī nozīmības līmeni P , tad tas nozīmē, ka vienādojums apraksta analizējamus datus un tas ir lietojams.

Kā redzams 2.2. tabulā, ar datorprogrammu veiktās dispersijas analīzes noteiktā Fišera kritērija vērtība $F = 394,5$. Iegūto lielumu salīdzina ar kritērija tabulas vērtību, kuru nosaka, izmantojot brīvības pakāpju vērtības:

$$f_1 = m - 1 = 20 - 1 = 19 \text{ un } f_2 = m - n = 20 - 1 = 19$$

Fišera kritērija tabulas vērtība F_{tab} ir 2,17. Kā redzams, ir spēkā sakarība $F > F_{tab}$, un tas nozīmē, ka vienādojums (2.4) ir adekvāts un lietojams analizējamo datu aprakstam to izmaiņu robežās.

Mērīto un ar vienādojumu (2.4) noteikto trokšņa indikatora vērtību salīdzinājums grafiski redzams 2.4. attēlā.



2.4. att. Mērīto un ar regresijas vienādojumu aprēķināto trokšņa indeksa vērtību salīdzinājums

2.4. attēlā vērojama laba vērtību korelācija starp salīdzinātajiem trokšņu indikatoru vērtībām.

2.3.1.3. Trokšņa indikatora vidējās un individuālās vērtības 95 % ticamības intervāli

Ar regresijas vienādojuma (2.4) palīdzību nosaka trokšņa indikatora vidējās vērtības atkarībā no automašīnu plūsmas. Šīs vērtības atšķiras no patiesajām vērtībām, jo tās noteiktas ar zināmu nenoteiktību, ko raksturo nenoteiktības ticamības intervāls. Lai gūtu pilnīgu priekšstatu par mērīto lielumu, ir jāzina tā vērtība un intervāls, kurā šis lielums iekļaujas. Vidējā lieluma ticamības intervālu nosaka ar šādas matemātiskās izteiksmes palīdzību:

$$\bar{I}_{tl} - t_{\alpha, m-2} \cdot S_{\bar{I}t} \leq \bar{I}_{tl} \leq \bar{I}_{tl} + t_{\alpha, m-2} \cdot S_{\bar{I}t}, \quad (2.7.)$$

kur

t – t statistika, pakļaujas Stjūdenta sadalījuma likumam;

α – nozīmības līmenis;

$m-2$ – vidējā lieluma brīvības pakāpes;

S_{It} – kopas vidējā indikatora kvadrātiskā novirze.

Vidējā trokšņa indikatora vidējo kvadrātisko novirzi aprēķina ar šādas matemātiskās izteiksmes palīdzību:

$$S_{\bar{I}t} = \sqrt{\sigma^2 \left(\frac{1}{m} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum X_i^2} \right)}, \quad (2.8.)$$

kur

m – mašīnu plūsmas vidējā vērtība;

X_0 – mašīnu plūsmas aplūkojamā vērtība;

X_i – mašīnu plūsmu vērtības datu kopā.

Ar vienādojumu (2.7) veicot aprēķinus visā mašīnu plūsmas intervālā, iegūst vidējā trokšņa indikatora augšējo un apakšējo ticamības robežu. 95 % ticamības intervāli redzami 2.4. attēlā kā tuvākās regresijas līnijai hiperboliskas līknes.

Vērtējot individuālās trokšņa indikatora vērtības intervālus, ņem vērā ar vienādojumu (2.4) neizskaidrotās lielumu variācijas, kā arī regresijas nenoteiktību. Līdz ar to palielinās kopas vidējā kvadrātiskā novirze, jo pieaug vidējās kvadrātiskās novirzes vērtība. Ticamības intervāls individuālai trokšņa indikatora vērtībai raksturo starpības starp vidējo un atsevišķu mērījumu vērtībām. Individuālā lieluma ticamības intervālu nosaka ar izteiksmi (2.9):

$$\bar{I}_{tl} - t_{\alpha, m-2} \cdot S_{It0-\bar{I}t} \leq \bar{I}_{tl} \leq \bar{I}_{tl} + t_{\alpha, m-2} \cdot S_{It0-\bar{I}t}, \quad (2.9)$$

Individuālā trokšņa indikatora vidējo kvadrātisko novirzi aprēķina kā (2.10):

$$S_{It0-It} = \sqrt{\sigma^2 \left(1 + \frac{1}{N} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum x_i^2}\right)}, \quad (2.10)$$

Individuālo trokšņa indikatoru ticamības intervāli grafiski parādīti 2.3. attēlā kā tālākie no regresijas līnijas līknes. Intervālu līknes rāda, ka minimālās vērtības ir pie automašīnu plūsmas vidējām vērtībām un pieaug, attālinoties uz plūsmu minimālajām un maksimālajām robežvērtībām. Tas nozīmē, ka precīzākas vērtību prognozes ir aplūkojamo datu kopas centrā.

2.3.2. Cieto daļiņu indikatora izmaiņas

2.3.2.1. Cieto daļiņu indikatora modeļa un tā parametru noteikšana

Cieto daļiņu indikatora izmaiņu noteikšanā izmantotās datu kopas apjoms $m = 7$. Vienfaktora regresijas dažādu modeļu salīdzinoša analīze rāda, ka cieto daļiņu indikatora izmaiņu noteikšanā labāki parametri ir nelineāra modeļa gadījumā (2.11):

$$Y = a \cdot X - b, \quad (2.11)$$

Modeļa parametru statistiskās nozīmības, kā arī paša modeļa novērtējums dots 2.2.tabulā.

2.2.tabula

Nelineāra modeļa raksturojums cietām daļiņām

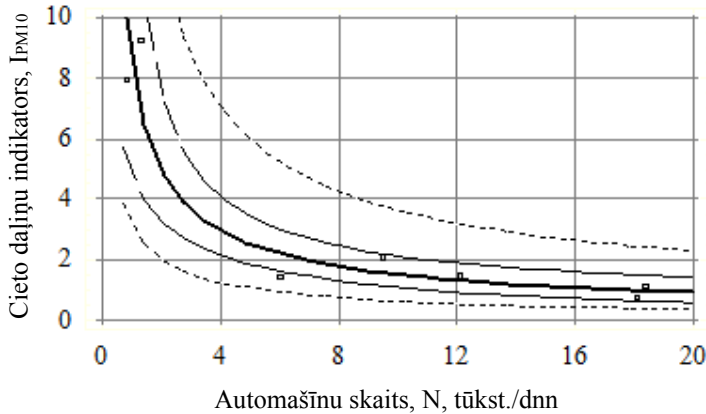
Regresijas analīze - multiplikatīvais modelis: $Y = a \cdot X^b$					
Atkarīgais mainīgais: I_{pm}					
Neatkarīgais mainīgais: N					
Parametrs	Novērtējums	Standarta kļūda	T-statistika	P-vērtība	
Krustpunkts	2,09976	0,213558	9,83228	0,0002	
Slīpums	-0,728422	0,100702	-7,23347	0,0008	
PIEZĪME: krustpunkts = $\ln(a)$					
Dispersijas analīze					
Avots	Kvadrātu summa	Df	Vidējais kvadrāts	F-attiecība	P-vērtība
Modelis	5,07962	1	5,07962	52,32	0,0008
Sarpība	0,485409	5	0,0970847		
Kopā (Corr.)	5,56503	6			

Noteiktā korelācijas koeficienta vērtība $R = -0,955$ un $R^2 = 91,27\%$. Tas nozīmē, ka vērojama cieša korelācija starp mainīgajiem lielumiem un noteiktais modelis apraksta 91,27% no atkarīgā mainīgā I_{PM} (PM indikators) izmaiņām.

Ar regresijas analīzes palīdzību noteiktais cieto daļiņu indikatora izmaiņu modelis (regresijas vienādojums) ir (2.12):

$$I_{PM} = 8,1642 \cdot N - 0,7284 \quad (2.12)$$

Ar vienādojumu (2.12) aprakstītās cieto daļiņu indikatora izmaiņas grafiski parādītas 2.5. attēlā. Attēlā redzami arī varbūtībai 0,95 atbilstoši cieto daļiņu indikatora I_{PM} vidējās un individuālās vērtības ticamības intervāli.



2.5.att. Cieto daļiņu indikatora izmaiņas atkarībā no automašīnu plūsmas un 95 % ticamības intervāli vidējai un individuālai indikatora vērtībai

2.3.2.2. Regresijas vienādojuma (modeļa) novērtējums

Fišera kritērija noteikšanai nepieciešamās brīvības pakāpes f_1 un f_2 aprēķina ar vienādojumiem (2.13):

$$f_1 = m - 1 = 7 - 1 = 6 \quad (2.13)$$

$$f_2 = m - n = 7 - 2 = 5$$

Kā redzams 2.2. tabulā, ar datorprogrammu veiktās dispersijas analīzes noteiktā Fišera kritērija vērtība $F = 52,32$. Fišera kritērija tabulas vērtība $F_{tab.} = 4,95$. Redzams, ka spēkā ir sakarība $F > F_{tab.}$, un tas nozīmē, ka vienādojums (2.12) ir adekvāts un lietojams cieto daļiņu indikatora aprakstam to izmaiņu robežās.

2.3.3. Slāpekļa oksīdu indikatora izmaiņas

2.3.3.1. Slāpekļa oksīdu indikatora modeļa un tā parametru noteikšana

Slāpekļa oksīdu NO_x indikatora izmaiņu noteikšanā izmantotās datu kopas apjoms $m = 7$. Vienfaktora regresijas dažādu modeļu salīdzinoša analīze rāda, ka slāpekļa oksīdu indikatora izmaiņu noteikšanā labāki parametri ir nelineāra modeļa gadījumā (2.14):

$$Y = a \cdot X - b, \quad (2.14)$$

Modeļa parametru statistiskās nozīmības, kā arī paša modeļa novērtējums dots 2.3.tabulā.

2.3.tabula

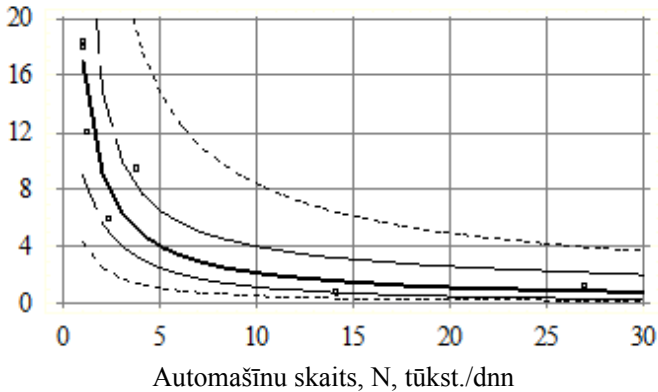
Nelineāra modeļa raksturojums slāpekļa oksīdiem

Regresijas analīze - multiplikatīvais modelis: $Y = a \cdot X^b$					
Atkarīgais mainīgais: I_{NOx}					
Neatkarīgais mainīgais: N					
Parameters	Novērtējums	Standarta kļūda	T-statisti	P-vērtība	
Krustpunkts	2,86692	0,251281	11,4092	0,0001	
Slīpums	-0,910678	0,147263	-6,18403	0,0016	
PIEZĪME: krustpunkts = $\ln(a)$					
Dispersijas analīze					
Avots	Kvadrātu summa	Df	Vidējais kvadrāts	F-attiecība	P-vērtība
Modelis	8,46642	1	8,46642	38,24	0,0001
Sarpība	1,10695	5	0,221389		
Kopā (Corr.)	9,57337	6			

2.3. tabulā redzams, ka nozīmības līmeņa P vērtības ir mazākas par 0,05, un tas nozīmē, ka vienādojuma parametri ir nozīmīgi 95 % ticamībai. Korelācijas koeficienta vērtība $R = -0,94$ un $R^2 = 88,4$ %. Tas norāda, ka vērojama cieša korelācija starp mainīgajiem lielumiem un noteiktais modelis apraksta 88,4 % no atkarīgā mainīgā I_{NOx} izmaiņām. Ar regresijas analīzes palīdzību noteiktais slāpekļa oksīdu indikatora izmaiņu modelis (regresijas vienādojums) ir (2.15):

$$I_{\text{NOx}} = 17.5828 \cdot N - 0.9107, \quad (2.15)$$

Ar vienādojumu (2.15) aprakstītās slāpekļa oksīdu indikatora izmaiņas grafiski parādītas 2.6. attēlā. Attēlā redzami arī varbūtībai 0,95 atbilstoši slāpekļa oksīdu indikatora I_{NOx} vidējās un individuālās vērtības ticamības intervāli.



2.6. att. Slāpekļa oksīdu indikatora izmaiņas atkarībā no automašīnu plūsmas un 95 % ticamības intervāli vidējai un individuālai indikatora vērtībai

2.3.3.2. Regresijas modeļa novērtējums

Fišera kritērija noteikšanai nepieciešamās brīvības pakāpes $f_1 = 6$ un $f_2 = 5$, kā rāda iepriekš 2.3.3.1. nodaļā sniegtais aprēķins. Kā redzams 2.3. tabulā, ar datorprogrammu veiktās dispersijas analīzes noteiktā Fišera kritērija vērtība $F = 38,24$. Fišera kritērija tabulas vērtība $F_{tab.}$ ir 4,95, ja nozīmības līmenis P ir 0,05. Redzams, ka ir spēkā sakarība $F > F_{tab.}$, un tas nozīmē, ka vienādojums (2.15) ir adekvāts un lietojams slāpekļa oksīdu indikatora aprakstam to izmaiņu robežās.

2.4. Līmeņatzīmes metode vides indikatoru novērtēšanā

Līmeņatzīmes metode autoceļu ietekmes uz vidi novērtēšanai un prognozei izstrādāta, pamatojoties uz esošo autoceļu mērījumu datiem. Metode balstās uz datu korelāciju starp diviem mainīgajiem lielumiem – atkarīgo un neatkarīgo. Šajā darbā izstrādātā metode aprobēta uz trokšņa un PM10, NOx, CO emisiju gaisā (atkarīgais mainīgais lielums) datu korelāciju ar automašīnu skaitu (neatkarīgais mainīgais lielums). Dati iegūti no autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumu ziņojumiem. Metode aprobēta uz mērījumiem un aprēķinos iegūtiem datiem.

Analizētajos autoceļu projektu IVN ziņojumos ir ietvertas prognozētās vērtības emisijām gaisā un troksnim no konkrētā autoceļa pēc projekta

īstenošanas (ceļa izbūves vai rekonstrukcijas). Tās ir noteiktas modelēšanas rezultātā, izmantojot programmu EnviMan (Airvio modernizēta versija) un balstoties uz meteoroloģiskajiem datiem, esošās un plānotās vidējās transporta slodzes analīzes, emisiju daudzuma pa transporta veidiem (vieglā un smagā) un to attiecības. Modelī tiek ņemtas vērā reljefa īpatnības, veģetācija, klimatiskie faktori, apbūve, autotransporta dzinēju tilpumi, izmantotās degvielas % sadalījums, automašīnu izmešu koeficienti (saskaņā ar Eiropas Vides aģentūras programmatūru COPERT-2).

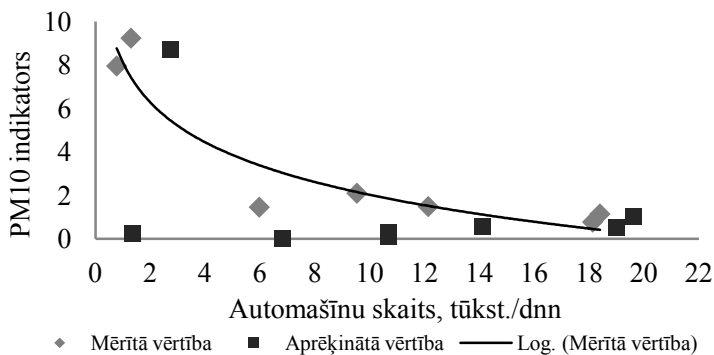
Pēc komplekso aprēķinu pieejas iegūtie rezultāti šajā darbā ir salīdzināti ar faktisko mērījumu rezultātiem uz Latvijas autoceļiem un noteikto līmeņatzīmi.

Līmeņatzīmes noteikšanas metode tika īstenota, izmantojot divējādus analīzes ceļus.

- Vispirms tika meklētas likumsakarības starp vides parametriem: emisiju absolūtajām vērtībām un tās ietekmējošiem lielumiem. Piemēram, trokšņu līmeņa absolūtās vērtības (dB) izmaiņas vai cieta daļiņu vai slāpekļa oksīdu un tvana gāzes koncentrācijas absolūtās vērtības gaisā (mikrogrami/m³) izmaiņas atkarībā no automašīnu skaita, kas pārvietojas pa ceļu noteiktā laika vienībā.
- Pēc tam tika noteiktas līmeņatzīmju vērtības vides indikatoriem, kuri raksturoja īpatnējās emisiju vērtības, kas attiecinātas neatkarīgo mainīgo lielumiem. Piemēram, trokšņu līmeņa īpatnējās vērtības, kas attiecinātas uz automašīnu skaitu (dB/auto skaits/laika vienībā) izmaiņas vai cieta daļiņu vai slāpekļa oksīdu un tvana gāzes koncentrācijas gaisā īpatnējās vērtības (mikrogrami/m³/auto skaits/laika vienībā) izmaiņas atkarībā no automašīnu skaita, kas pārvietojas pa ceļu noteiktā laika vienībā.

2.4.1. PM₁₀ indikatora līmeņatzīmes novērtēšana

Aprēķināto vērtību (prognozēto lielumu) datu analīze uzrāda vāju korelāciju starp PM₁₀ emisijām gaisā un transporta vienību skaitu (2.7.attēls). Aprēķināto PM₁₀ indikatora lielumiem ir vērojama liela izkliede, salīdzinājumā ar mērījumos iegūtiem lielumiem.

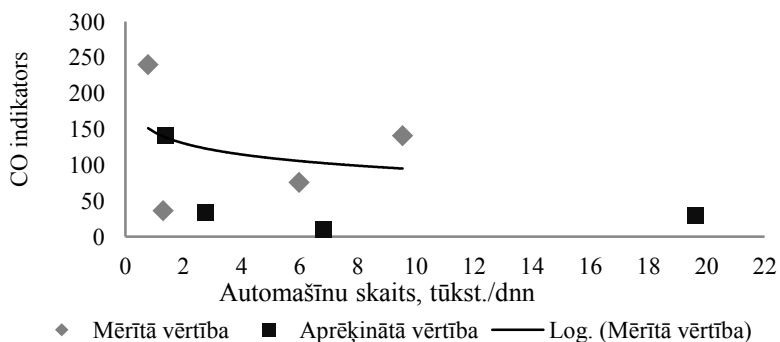


2.7.att. PM₁₀ indikatora lielums pēc IVN ziņojumos ilustrēto datu attiecības pret līmeņatzīmi

Līmeņatzīmes metode parāda, ka mērījumos noteikto datu korelācija ar autotransporta skaitu ir apmierinoša, bet aprēķināto datu izkliede ir ievērojama un to korelācija ar auto skaitu ir vāja. Metode ļauj pārlicināties par iegūto datu ticamību un norāda uz nepieciešamību pārskatīt aprēķinus un identificēt papildu mainīgo lielumus, kuru ietekmes faktors uz piesārņojošo vielu emisijas gaisā koncentrāciju ir tāds pats vai lielāks kā automašīnu skaitam.

2.4.2. CO indikatora līmeņatzīmes novērtēšana

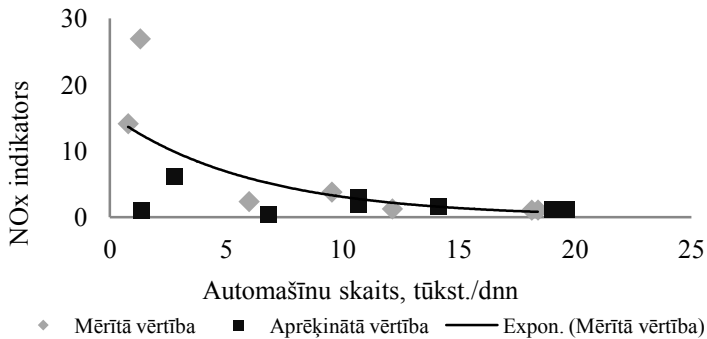
CO indikatora, ko iegūst no attiecības starp CO emisiju t/g un auto skaitu diennaktī, regresijas vienādojums un grafiskā ilustrācija 2.8.attēlā parāda CO indikatora attiecību pret līmeņatzīmi, kur datu izkliede lielāka vērojama mērītajos lielumos.



2.8.att. CO indikatora lielums IVN ziņojumos ilustrēto datu attiecības pret līmeņatzīmi

2.4.3. NO_x emisiju indikatora līmeņatzīmes novērtēšana

Sliktāki rezultāti ir aprēķināto datu NO_x indikatora korelācijai ar transporta vienību skaitu – datu izkliede no līmeņatzīmes ir lielāka (skat. 2.9.attēlu).



2.9.att. NO_x indikatora lielums IVN ziņojumos ilustrēto datu attiecības pret līmeņatzīmi

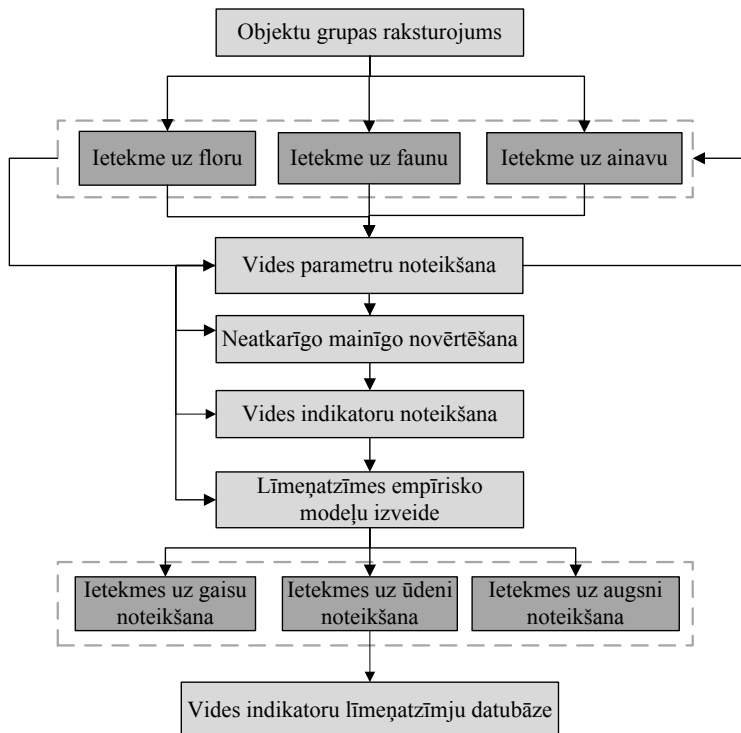
Salīdzinot IVN ietvaros izmantotās emisiju no autotransporta novērtēšanas metodes, ir skaidrs, ka faktisko mērījumu līmeņatzīmes modelis visprecīzāk apraksta gaisa piesārņojumu ar cietajām daļiņām no autoceļa ekspluatācijas. Pārējo emisijas datu korelācija ar autotransporta skaitu ir apmierinoša. Kā izskaidrojums jāmin tas, ka, iespējams, arī mērītie dati nereti ir iegūti aprēķinu rezultātā konkrētai situācijai uz noteiktā IVN veikšanas brīdī, kā arī ar cilvēciskā faktora ietekmi uz mērījumu precizitāti. Ja mērījumi veikti saskaņā ar atbilstošu mērījumu veikšanas metodiku, pastāv liela varbūtība, ka datu izkliede ir zemāka.

3. REZULTĀTI UN REKOMENDĀCIJAS

Promocijas darba rezultāti ir daudzslāņaini, un tie paver nākotnes iespējas sakārtot ar ietekmi uz vidi saistīto normatīvo bāzi, lai mazinātu subjektivismu ietekmes uz vidi novērtējumā, un palīdz aptvert, kāda vides indikatoru sistēma jāievieš un kāda vērtēšanas metodika jāizvēlas, lai IVN ziņojumi būtu konkrēti, orientēti uz vērtēto paredzēto darbību un sniegtu atbildes par objekta patieso ietekmi uz vidi.

3.1. Paredzētās darbības klasifikācija un vides faktori

Apkopojot darba gaitā iegūtos rezultātus, izstrādāta objektu grupas ietekmes uz vidi novērtēšanas metodika, kuras algoritms ir ilustrēts 3.1. attēlā. Algoritms ietver 8 moduļus.



3.1. att. Objektu grupas IVN metodikas algoritms

Katrs no algoritma moduļiem ir cieši saistīts ar pārējiem, tie viens otru papildina loģiskā secībā un ir neaizvietoājama komponente kopējā algoritmā.

1. modulis. Objektu grupas raksturojums.

Paredzētās darbības sagrupē pēc piederības nozarei un apakšnozarei. Tālāk tās tiek grupētas pēc saimnieciskās darbības veida un kopējiem inženiertehniskajiem parametriem. Objektu grupas raksturojumā sniedz objektu un to darbības kopēju aprakstu, izceļot galvenās tehnoloģiskās un inženiertehniskās iezīmes.

2. *modulis*. Ietekmes uz vides faktoriem definēšana.

Objektu grupai definē iespējamās ietekmes uz noteiktiem vides faktoriem kopumu, pamatojoties uz līdzšinējo ekspertu pieredzi šādu objektu IVN un izmantojot kontrollapas vai matricas. Mērķis ir noteikt obligāti apskatāmo ietekmes uz vides faktoriem kopumu, kā arī norādīt iespējamās papildu ietekmes, kas var rasties atkarībā no teritorijas īpatnībām un konkrētās paredzētas darbības tehnoloģiskajiem risinājumiem. Vides faktoru atlase ir cieši saistāma ar iespējamo ietekmju būtiskuma izvērtēšanu. Ietekmes būtiskumu nosaka tas, vai attiecīgo objektu grupa vispār var radīt ietekmi uz konkrētu vides faktoru vai nevar.

3. *modulis*. Vides parametru noteikšana.

Ietekmes nozīmīgumu vērtē pēc tās prioritātes attiecībā pret ietekmēm uz citiem vides faktoriem un sagaidāmā ietekmes lieluma. Ar šo moduli tiek apstiprināta vērtējamo vides faktoru izvēle, kas ietverta 2. modulī.

Zinot objektu grupu raksturojošos galvenos inženiertehniskos parametrus un novērtējamās vides faktorus, nosaka IVN ietvaros analizējamo vides parametru (atkarīgo mainīgo) kopumu. Izvēlas tādas vides parametrus, kas nepārprotami norāda uz iespējamajām vides kvalitātes izmaiņām, ko var radīt objektu grupā iekļautās paredzētās darbības. Parametrus nosaka katram no 2. modulī izvēlētajiem vides faktoriem atsevišķi. Vides parametriem jāraksturo esošie vides apstākļi un kopā ar neatkarīgajiem mainīgajiem jābūt izmantojamiem ietekmju prognozēšanai. Tiem jābūt izmērāmiem, pārbaudāmiem, saprotamiem un nozares ekspertu atzītiem, kā arī izmantojamiem turpmākam vides monitoringam. Izvēlēto parametru būtiskuma un nozīmīguma vērtējumā izmanto novērtējuma skaitļu skalu pēc ekspertu izvēlētas sistēmas.

Modulis arī kalpo par pamatu indikatoru sistēmas izveidei.

4. *modulis*. Neatkarīgo mainīgo noteikšana.

Iespējamo ietekmju uz vidi novērtēšana un vides izmaiņu prognoze balstās uz esošās situācijas apzināšanu un paredzētās darbības raksturlielumiem. Objektu grupai nosaka kopējos, būtiskos neatkarīgos mainīgos (iekārtu jauda, dzīvnieku vienību skaits, transporta vienību skaits utt.), kas var ietekmēt vides izmaiņas. Nodēfinē tādu neatkarīgo mainīgo kopumu, kas ir matemātiski izsakāmi, izmērāmi, pārbaudāmi un sasaistāmi matemātiskās sakarībās ar vides izmaiņas raksturojošiem parametriem. Uz izvirzīto neatkarīgo mainīgo bāzes balstāma vides indikatoru sistēmas izveide noteiktas objektu grupas IVN. Neatkarīgie mainīgie ir viena no galvenajām komponentēm vides izmaiņas raksturojošā funkcijā, no kuras ir atkarīga arī atkarīgo mainīgo komponente.

Neatkarīgo mainīgo izvēles apstiprināšanas pamatā ir būtiskuma un nozīmīguma novērtējums (3. modulis).

5. modulis. Vides indikatoru noteikšana.

Vides indikators ir neatkarīgo mainīgo un atkarīgo mainīgo sakarība, kas raksturo izmaiņas vidē.

Katram no vērtēšanai pakļautajiem vides faktoriem izvirza visraksturīgākās un visbūtiskākās izmaiņas raksturojošus indikatorus jeb sakarības. Indikatoru kopums veido vides indikatoru sistēmu, kas jāņem vērā, veicot IVN paredzētai darbībai no konkrētas objektu grupas. Katru vides indikatoru apstiprina ekspertu grupa pēc tā būtiskuma, nozīmīguma (aprakstīts 2.2. nodaļā) un atbilstības kritērijiem (3. modulis).

Vides indikatoru sistēmas izveide balstāma uz mūsdienīgas vides izpratnes pieeju, zinātnisko pētījumu un vides monitoringa rezultātiem, un nozaru speciālistu pieredzes.

6. modulis. Līmeņatzīmes empīrisko modeļu izveide.

Ar regresijas analīzes palīdzību izveido empīrisko modeļu sistēmu, apvienojot iepriekš noteiktos un definētos vides parametrus, neatkarīgos mainīgos un vides indikatorus. Tas ļauj noteikt esošās un prognozētās vides izmaiņas attiecībā pret maksimāli pieļaujamo vērtību (robežlielumu), ko ietekmē neatkarīgā mainīgā vērtību izmaiņas. Empīriskais modelis sniedz priekšstatu arī par fona koncentrāciju un blakus faktoru ietekmi uz vides izmaiņām.

7. modulis. Ietekmes uz vides faktoriem noteikšana.

Visu ietekmes uz vidi kritēriju apkopojums un rekomendācijas objektu grupas pārstāvju IVN ziņojuma vērtēšanai.

8. modulis. Vides indikatoru līmeņatzīmju datu bāze.

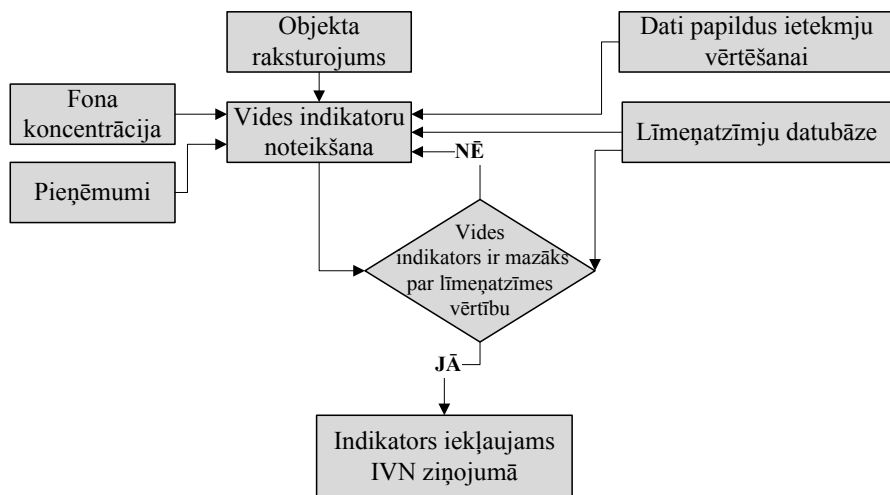
Katrai objektu grupai izveido līmeņatzīmju datu bāzi, kurā apkopotu dati (parametru un neatkarīgo mainīgo vērtības, to sakarības) no agrāk veikto IVN ziņojumiem. Datus uzkrāj par sakarībām, kas raksturo izmaiņas katrā no vides faktoriem. Datu bāzi regulāri aktualizē, pilnveidojot līmeņatzīmes empīriskos modeļus. Līmeņatzīmes metode ļauj prognozēt iespējamās ietekmes atkarībā no mainīgajiem lielumiem un kalpo kā instruments aprēķināto prognozēto lielumu pārbaudei.

IVN metodika ir nepieciešama, lai sakārtotu ietekmes uz vidi novērtējuma nosacījumus nozarēm un nozaru grupām, ieturētu konsekvenci

novērtējumos sniegtās informācijas detalizācijas pakāpē un kvalitātē, kā arī lai kalpotu kā atbalsta instruments ietekmes uz vidi novērtējuma veicējiem. Metodikas izstrāde un izmantošana dos vērā ņemamu ieguldījumu ietekmes uz vidi novērtējuma kopējās kvalitātes standarta celšanai, zinātniskai un profesionālai pieejai IVN izstrādāšanā, kā arī vairo sabiedrības uzticēšanos IVN rezultātiem, kas, savukārt, sekmēs valsts tautsaimniecisko izaugsmi arī ilgtermiņā, radot uzticēšanos arī no investoru puses par IVN procedūru kā trīspusēju (investora-sabiedrības-valsts/pašvaldības) interešu sabalansēšanas instrumentu.

3.2. Paredzētās darbības IVN metodika

Apkopojot pētījuma rezultātus, ir izstrādāta atsevišķas paredzētās darbības jeb objekta ietekmes uz vidi novērtējuma metodika, kuras algoritms ir ilustrēts 3.2. attēlā. Algoritms ietver 8 moduļus. Atsevišķas paredzētās darbības IVN metodikas algoritms izriet no konkrētas objektu grupas IVN metodikas, kuras galarezultāts ir definētie, obligāti IVN iekļaujамie vides indikatori un līmeņatzīmju datu bāzes.



3.2. att. Paredzētās darbības IVN metodikas algoritms

1. modulis. Objekta raksturojums.

Sniedz paredzētās darbības vispārējo un inženiertehnisko risinājumu aprakstu, norādot galvenos raksturlielumus atbilstoši plānotās darbības specifikai. Piemēram, ražošanas objektu gadījumā norāda plānoto iekārtu jaudas, ražošanas kapacitāti, ēku un būvju izvietojumu, nepieciešamos inženiertehniskos tīklus, plānoto izejvielu un resursu patēriņu, atkritumu

apjomus u. c. Infrastruktūras objektu novērtējuma gadījumā objekta raksturojumu sniedz atbilstoši tā specifikai. Neiztrūkstoša sastāvdaļa ir paredzētās darbības īstenošanas vietas raksturojums, tai skaitā zemes īpašuma tiesības un atbilstība teritorijas plānojumam.

2.modulis. Fona koncentrācija.

Vāc informāciju un analizē datus par vietas un tās apkārtnes vides stāvokli un fona koncentrācijām attiecībā uz katru vides faktoru. Fona koncentrāciju raksturo skaitliskā formā izteikti vides parametri, kas ir pamatoti ar mērījumiem vai aprēķiniem un izmantojami ietekmju prognozēšanai. Obligāti izmantojamie vides parametri apstiprināti ar atbilstošās objektu grupas IVN metodiku, bet to sarakstu var papildināt ar citiem konkrētai vietai vai paredzētajai darbībai būtiskiem vides parametriem (4. modulis).

Fona koncentrācija ir atskaites punkts, no kura nosaka papildu slodzes uz vidi iespējāmību un ietilpību jeb vides nestspēju līdz robežlielumam.

3.modulis. Reāli pieņēmumi

Ietekmes uz vidi novērtējumu veic pēc iespējas agrīnā projekta attīstības stadijā, tādēļ ne visi tehnoloģiskie rādītāji un parametri būs zināmi. Tādēļ, lai varētu veikt iespējamo projekta ietekmju novērtējumu un modelēt situācijas, ir jāizdara pieņēmumi pēc pieredzes vai analogijas ar līdzīgiem projektiem.

4.modulis. Dati papildus ietekmju vērtēšanai.

Ņemot vērā paredzētās darbības tehniski ekonomisko raksturojumu, vietas/vides apstākļus, izvērtē papildu iespējamās ietekmes uz vides faktoriem – uz jau vides indikatoru sistēmā iekļautiem un/vai jauniem. Tas ir ekspertu kompetences jautājums. Papildus iespējamo ietekmju identificēšanai kā palīg līdzekli izmanto vienkāršas metodes – kontrollapas vai matricas. Identificētajām ietekmēm izvirza vides parametrus (2. modulis) fona koncentrācijas noteikšanai un ietekmju prognozei.

5.modulis. Vides indikatoru noteikšana.

Vides novērtējums balstāms uz vides indikatoru sistēmas izmantošanu, kas izstrādāta katrai objektu grupai. Obligāti analizējamās vides indikatorus nosaka pēc izstrādātās indikatoru sistēmas. Papildus vērtējamās vides indikatorus nosaka pēc izvirzītajiem papildu vides parametriem un pieņēmumiem par iespējamajām vides izmaiņām paredzētās darbības rezultātā (2., 4. modulis). Papildus izvirzītajiem indikatoriem ir jāatbilst indikatoru apstiprināšanas kritērijiem, ko izvērtē nozares eksperts(i).

6.modulis. Līmeņatzīmju datu bāze.

Obligāti vērtējamajiem vides indikatoriem jāatbilst objektu grupai izstrādātajā līmeņatzīmes datu bāzē iekļautajiem indikatoriem. Datu bāze parāda arī to, kādi neatkarīgie mainīgie ir jāanalizē, lai vides indikators būtu atbilstīgs un salīdzināms.

Līmeņatzīmes datu bāzi papildina ar aktuāliem datiem, kas vēlāk iegūti paredzētās darbības ietekmes uz vidi novērtējuma rezultātā, tādā veidā to pilnveidojot un precizējot.

7.modulis. Vides indikatora salīdzināšana ar līmeņatzīmes vērtību.

Vides parametra un atbilstoša neatkarīgā mainīgā matemātiska sakarība dod vides indikatora skaitlisko vērtību. Lai noskaidrotu izvēlēta indikatora vērtības nenoteiktības lielumu, to salīdzina ar līmeņatzīmes vērtību (izriet no datu bāzes). Ja vides indikatora vērtība ir tuvu līmeņatzīmes vērtībai, indikators ir izmantojams paredzētās darbības iespējamās ietekmes prognozēšanai. Turpretim, ja vērtības atšķiras, iespējama citu faktoru (t.sk. neatkarīgo mainīgo) būtiska ietekme uz vides parametru vai ir kļūda izejas datu (vides parametra fona vai neatkarīgā mainīgā) vērtības noteikšanā. Tādā gadījumā identificē atšķirību cēloni un veic atbilstošas korekcijas indikatora aprēķinā vai atsakās no šī indikatora izmantošanas konkrētā IVN ietvaros.

8.modulis. Vides indikatora izmantošana ietekmes prognozēšanai.

Vides indikatoru akceptē iespējamo vides izmaiņu prognozei (7. modulis). Ietekmes novērtēšanai nepastarpināti izmanto līmeņatzīmes metodi, atbilstoši mainīgo vērtību izmaiņām nosakot vides indikatora vērtību pret līmeņatzīmi, vai arī veic aprēķinus, kuru rezultātus pārbauda ar līmeņatzīmes metodi. Iegūtos rezultātus iekļauj IVN ziņojumā, uz kuru pamata novērtē ietekmju būtiskumu un sagatavo ietekmju mazinošo pasākumu un turpmākā vides monitoringa plānu.

Paredzētās darbības IVN metodika ir nepieciešama Vides pārraudzības valsts birojam, lai sakārtotu ietekmes uz vidi novērtējuma detalizācijas pakāpes un kvalitātes nosacījumus paredzētai darbībai, kā arī projektu attīstītājiem un ietekmes uz vidi novērtējuma izstrādātājiem (nozaru ekspertiem). Metodes loma ir unificēt IVN izstrādes sistēmu un izveidotu vienotu vienas nozares objektu analīzes shēmu. Rezultātā tiktu uzlabota IVN kvalitāte, rezultātu ticamība un pārbaudāmība, nodrošināta objektīva informācija lēmuma pieņemējam un sabiedrībai, veicinot arī tās uzticību IVN rezultātam.

SECINĀJUMI

1. Izstrādāts vienotas indikatoru sistēmas modelis autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumiem. Analizējot līdzšinējo vides parametru un indikatoru lietojumu IVN ziņojumos, piedāvātajā modelī strukturēti indikatori, kas pamatoti ar vides parametriem. Izstrādne ir inovatīva Latvijai un izmantojama arī citās ES valstīs, jo Latvijas normatīvie dokumenti IVN jomā radīti, transpozicionējot ES atbilstošās direktīvas. Indikatoru sistēma ir pamats salīdzināmu datu uzkrāšanai un retrospektīvai salīdzināšanai – tā ir šīs sistēmas vislielākā nozīme.

Vienotas indikatoru sistēmas izmantošanas rezultātā iegūtos datus (indikatoru vērtības) var salīdzināt starp analizētajām projekta alternatīvām ar vides stāvokli pirms un pēc projekta ieviešanas, kā arī salīdzināt starp līdzīgiem projektiem. Indikatoru sistēmas izmantošana IVN dod iespēju izvairīties no subjektivitātes IVN procesā un sniedz lēmuma pieņemējam kvantitatīvu un pārbaudāmu vides vērtējumu.

2. Promocijas darbā izstrādāts vides parametru apstiprināšanas algoritms, kas balstās uz starptautiski atzītiem kritērijiem. Izstrādātā parametru apstiprināšanas metode ir aprobēta uz pazemes ūdens vides izmaiņas raksturojošiem parametriem. Metode ir vienkārša, saprotama un viegli ieviešama IVN praksē. To ir iespējams attīstīt, papildināt un piemērot dažādām vides nozares projektu grupām.
3. Darbā izmantoto datu regresijas analīze ir devusi iespēju iegūt empīrisku vienādojumu, kas rāda neatkarīgo mainīgo ietekmi (autotransporta skaits) uz trokšņa lielumu un PM10, CO, NOx emisiju gaisā apjomu. Matemātiskā datu apstrāde veikta, izmantojot vienfaktora regresijas analīzes metodes. Empīriskā vienādojuma lietojuma adekvātums ir pārbaudīts ar regresijas analīzes nosacījumiem. Vienādojumu var izmantot konkrētajā datu kopas diapazonā un lietot autoceļu radīto trokšņu un emisiju gaisā prognozēm atkarībā no autotransporta skaita.
4. Ir izstrādāta līmeņatzīmes metode datu korelācijai autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumam. Līmeņatzīmju noteikšanai ir izmantoti 14 autoceļu projektu IVN dati un faktisko mērījumu rezultāti uz Saulkrastu apvedceļa. Metode ir aprobēta PM10, CO, NOx emisijām gaisā un trokšņa vērtību korelācijai ar autotransporta skaitu. Aprobācija uzrādīja labus rezultātus, apstiprinot metodes praktisko izmantojamību ietekmes uz vidi novērtējumam. Metode dod iespēju autoceļu projektu ietekmes uz vidi prognozēšanā izmantot emisiju līmeņatzīmes atkarībā no autotransporta skaita, rezultātus korigējot atbilstoši transporta

specifikai. Uzkrājoties empīriskajiem datiem, metode ir pilnveidojama, kā arī adaptējama dažādu citu vides indikatoru sakarību noteikšanai un dažādu grupu projektu ietekmju novērtēšanai. Tā izmantojama arī aprēķinu rezultātu ticamības pārbaudei. Līmeņatzīmes metodes lietojums praksē IVN sniegtu labu ekonomisko efektu, jo tā balstās uz uzkrāto datu korelācijas rezultātiem.

5. Promocijas darba ietvaros izstrādātā indikatoru līmeņatzīmes metode ir elastīga un attīstāma. Uzkrājoties IVN ziņojumu datiem nākotnē, pieaugot autoceļu projektu ietekmes uz vidi novērtējumu skaitam kā pētījumu paraugkopai, varēs precizēt promocijas darbā izstrādāto un praktiskai lietošanai piedāvāto indikatoru sistēmu. Ieviešot IVN procesā indikatoru pieeju, rodas objektīvs pamatojums veikt vides monitoringu pēc projekta ieviešanas, lai veidotu pilnīgu uzkrājamo datu bāzi turpmākajām analīzēm.
6. Ir veikta ietekmes uz vidi novērtējuma procesa un IVN ziņojumu retrospektīva analīze, veikts IVN ziņojumu kvalitātes izvērtējums. Rezultātā ir identificētas galvenās kopsakarības un riski pašreizējai IVN pieejai Latvijā un sniegti iespējamie risinājumi IVN procesa optimizācijai.