



ANEXA 1 MODELAREA DISPERSIEI EMISIILOR DE POLUANȚI

"Exploatarea nisipului si pietrisului din perimetrul "IAZ PISCICOL EXPRES"

Loc.Ostrovul Corbului, com. Hinova, jud. Mehedinți

*Beneficiar:
S.C.ASPHALT ROUTE EXPRES SRL
strada Calea Craiovei nr.200 A, Simian, judetul Mehedinți.*

Revizie	Data	Elaborat de	Verificat de	Aprobat de și avizat
Rev.2.	20.01.2023	ing. A.Mureșan	ing. A.Mureșan	ing. A.Mureșan



©2023



MDEP

"Exploatarea nisipului si pietrisului din perimetrul "IAZ PISCICOL EXPRES"- S.C.ASPHALT ROUTE EXPRES SRL

Anexa 1

Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți

**SC
Ecosearch
SRL**

Evaluator Principal

Ecosearch SRL
Str. Branului nr. 5, 400393 – Cluj – Napoca, jud. Cluj.
Tel: 0745050537
Fax: 0213187233
Email: contact@autorizatiidemediu.ro

Administrator

ing. Adrian Mureșan

**Proiect:
MODELAREA
DISPERSIEI
EMISIILOR DE
POLUANȚI**

Titulari

S.C.ASPHALT ROUTE EXPRES SRL
strada Calea Craiovei nr.200 A, Simian, judetul Mehedinti.
Tel.: 0752.081.545

Administrator

Istrate ISTODORESCU

Abrevieri

AEM - Agenția Europeană de Mediu
UE - Uniunea Europeană
OMS - Organizația Mondială a Sănătății
MMAP - Ministerul Mediului Apelor și Pădurilor
ANPM - Agenția Națională pentru Protecția Mediului
APMMH - Agenția pentru Protecția Mediului Mehedinți
ANM - Administrația Națională de Meteorologie
MDEP – Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți
PUG -Plan Urbanistic General
GIS- Sistem Geografic Informatic
TSP - particule totale în suspensie
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - micrograme pe metru cub
 $^{\circ}\text{C}$ - grad Celsius



CUPRINS

CUPRINS.....	3
1. Informații generale	4
1.1. Informații despre titularul proiectului	4
1.2. Informații despre autorul atestat al prezentei documentații	4
1.3. Cadrul legal.....	6
2. Descrierea modului de realizare a studiului, inclusiv descrierea modelului matematic utilizat pentru dispersia poluanților în atmosferă în vederea elaborării scenariilor/măsurilor și estimării efectelor acestora.	9
2.1 Descrierea programelor utilizate și a modelului matematic	9
2.2. Date de intrare	40
3. Localizarea proiectului, analiza climatică a arealului	41
3.1. Caracteristici generale.....	41
3.2. Caracteristici climatice - regimul temperaturilor, precipitațiilor și eolian.....	43
4. Aplicație la Iaz piscicol Corbu	46
4.1 Poluanți analizați.....	46
4.2 Date privind cantitățile de poluanți emise	48
4.3. Date privind punctele de emisie care ar putea contribui la degradarea calității aerului	48
4.4. Rezultatele modelării dispersiei.....	49
4.5. Măsuri	53
Bibliografie	55



1. Informații generale

1.1. Informații despre titularul proiectului

Fișa titularului:

S.C.ASPHALT ROUTE EXPRES SRL
strada Calea Craiovei nr.200 A, Simian, judetul Mehedinti.
Tel.: 0752.081.545

Administrator
Istrate ISTODORESCU

1.2. Informații despre autorul atestat al prezentei documentații

Ecosearch SRL
Str. Branului nr. 5, 400393 – Cluj – Napoca, jud. Cluj.
Tel: 0745050537
Fax: 0213187233
Email: contact@autorizatiidemediu.ro

Administrator
ing. Adrian Mureșan



MDEP

Anexa 1
Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți
"Exploatarea nisipului si pietrisului din perimetrul "IAZ PISCICOL EXPRES"- S.C.ASPHALT ROUTE EXPRES SRL



CONFIRMATION

This is to confirm that
Mr. Adrian Cornel MURESAN
has successfully taken part in the 2-days



Graz, 22 April 2022



Ao. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter STURM
Managing Director



Dr. Christian Kurz
Head of Department, Trainer



1.3. Cadrul legal

Pentru existența noastră aerul este alimentul numărul 1. Organismul uman consumă zilnic 15-18 m³ de aer, iar dacă mâncăm de 3 ori pe zi, aerul îl „consumăm” de 15-18 ori pe minut. Ne înconjoară pretutindeni, calitatea existenței noastre depinde de calitatea aerului, mai ales în contextul industrializării și urbanizării care au modificat structura de bază a mediului.

Aerul reprezintă denumirea generică dată atmosferei terestre, ce este compusă din stratele de gaze ce împresoară Terra și care sunt utilizate în procesele respiratorii și de fotosinteză ale organismelor vii. Aerul conține 78.09% azot (N), 20.95% oxigen (O₂), 0.93% argon (Ar), 0.039% dioxid de carbon (CO₂) și în proporție mică alte gaze. Aerul conține și un procent de aproximativ 1% vapori de apă.

Poluarea aerului reprezintă introducerea în atmosferă a unor substanțe chimice, a particulelor de materie (praf) sau a celor biologice. Poluanții atmosferici sunt în măsură a altera drastic structura fizico-chimică a atmosferei, conducând la efecte ce datorită întinderii spațiale, capătă o expresie largă.

Aerul rămâne unul dintre factorii de mediu cei mai expuși la poluare și în egală măsură cel mai fragil subsistem de mediu dată fiind capacitatea redusă, foarte limitată de absorbție și de neutralizare a poluanților. Practic, atmosfera se comportă ca un rezervor de poluanți ce sunt transportați de la o regiune la alta și preluați de alte nivele de mediu.

Efectele poluării aerului sunt reprezentate de modificări profunde ale biocenozelor și conduc la alterarea stării de sănătate a populației.

Se cunosc principalii poluanți ai aerului, efectele negative produse asupra plantelor, animalelor și omului, reacțiile ce au loc în organism și sursele de proveniență. De aceea, lupta pentru aerul curat reprezintă în prezent o cauză de interes mondial. Poluarea aerului este cea mai importantă problemă, datorită absenței unor sisteme eficiente de filtrare a substanțelor nocive, a despăduririlor abuzive și a insuficienței spațiilor verzi în orașe. Poluarea aerului agresează copiii, persoanele în vârstă și pe cei care suferă de anumite afecțiuni, care la prima vedere nu au nici o legătură cu aerul pe care-l inspiră.

Aerul curat este la fel de important ca și calitatea alimentelor. Întreprinderile care emană nori negri de fum și gaze nocive ar trebui să fie dotate cu filtre și catalizatori mai buni de ultimă generație; automobilele vechi ar trebui înlocuite cu altele noi, ecologice (electrice), iar combustibilii să fie verificați; spațiile verzi, care ocupă primul loc în echilibrul fizic și psihic al marilor aglomerări urbane și care atenuază poluarea atmosferică, ar trebui să ocupe suprafețe din ce în ce mai mari. Spațiile verzi au o acțiune directă asupra organismului nostru, micșorează temperatura ambiantă, stimulează schimburile de aer, oxigenează și purifică aerul. Vegetația - „plămâni orașelor” - are capacitatea de a elimina praful și gazele nocive, captând 50% din praful atmosferic, funcționând ca o barieră biologică de epurare microbiană a aerului. Spațiile verzi au rol în regularizarea temperaturii și umidității aerului din orașe și în diminuarea cu 26% a zgomotului urban.

Viața nu poate fi concepută fără aer. Cu toate progresele tehnico-științifice actuale, obținerea aerului pe cale artificială, în cantitățile necesare vieții, nu pare a fi realizabilă nici într-un viitor îndepărtat. Poluarea aerului amenință să depășească limitele capacității de apărare a naturii, prin regenerare și reechilibrare și tocmai omul, o mică fracțiune de biomasă, prin activitatea sa necontrolată și în discordanță cu legile naturii, amenință echilibrul ecologic al planetei.

În acest context, menținerea calității aerului a devenit una din cele mai importante activități pe care le desfășoară instituțiile publice și reprezintă o preocupare permanentă și a organizațiilor neguvernamentale.

Începând cu anul 2007 (data aderării la UE) a fost aplicată și transpusă în România legislația europeană, dintre care amintim:

- Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European și a Consiliului privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa stabilește necesitatea de a reduce poluarea la niveluri care să minimizeze efectele nocive



asupra sănătății umane, acordându-se atenție specială mediului ca întreg, de a îmbunătății monitorizarea și evaluarea calității aerului, inclusiv informarea publicului.

- Directiva 2004/107/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 15 decembrie 2004 privind arseniul, cadmiul, mercurul, nichelul, hidrocarburile aromatice policiclice în aerul înconjurător.

Pentru a proteja sănătatea umană și mediul ca întreg, este deosebit de important să fie combătute la sursă emisiile de poluanți și să fie identificate și puse în aplicare cele mai eficiente măsuri de reducere a emisiilor pe plan local, național și comunitar.

În consecință, emisiile de poluanți atmosferici nocivi ar trebui evitate, combătute sau reduse și ar trebui stabilite obiective corespunzătoare pentru calitatea aerului înconjurător, luându-se în considerare standardele, ghidurile și programele Organizației Mondiale a Sănătății.

Legislația românească stabilește un cadru legal prin Legea nr. 104/2011 privind calitatea aerului înconjurător, H.G nr. 257/2015 privind Metodologia de elaborare a planurilor de calitate a aerului, a planurilor de acțiune pe termen scurt și a planurilor de menținere a calității aerului, Ordinul Ministerului Mediului nr. 598/2018 privind aprobarea listelor cu unitățile administrativ-teritoriale întocmite în urma încadrării în regimuri de gestionare a ariilor din zonele și aglomerările prevăzute în anexa nr. 2 la Legea 104/2011 privind calitatea aerului înconjurător și Ordinul MMAP nr. 36/2016 privind aprobarea listelor cu unitățile administrativ-teritoriale întocmite în urma încadrării în regimuri de evaluare a ariilor din zonele prevăzute în Anexa nr.2 la Legea nr. 104/2011 privind calitatea aerului.

Legea 104/2011 cu completările și modificările ulterioare, are ca scop protejarea sănătății umane și a mediului ca întreg prin reglementarea măsurilor destinate menținerii calității aerului înconjurător acolo unde acesta corespunde obiectivelor pentru calitatea aerului.

În elaborarea studiului s-a ținut cont de documentele strategice existente și anume: Planul Urbanistic General comuna Hinova, jud. Mehedinți, Planul de menținere a calității aerului în județul Mehedinți 2020-2025.

Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți pentru înființarea lazului piscicol Corbu este un studiu ce conține evaluarea emisiilor de poluanți în zonă și măsuri dacă se impun pentru păstrarea nivelului poluanților sub valorile-limită, respectiv sub valorile-țintă și pentru asigurarea celei mai bune calități a aerului înconjurător în condițiile unei dezvoltări durabile.

Poluanții pot fi clasificați:

- după starea de agregare (gaze (CO, SO₂, NO_x); solide (deșeuri solide, PM); lichide (pesticide, carburanți, acizi)).
- după natura lor (poluanți anorganici (gaze, acizi, baze, metale); poluanți organici (carburanți, PAH, PCDD/F); poluanți organometalici (PbEt₄, Hg(CH₃)₂, AsH(CH₃)₂)).
- după proprietăți (lipofili (HAP, pesticide organoclorurate, carburanți); hidrofili (săruri, baze, acizi, oxizi, metale grele)).

Un alt aspect ce trebuie luat în considerare atunci când se face o clasificare a poluanților este efectul asupra sănătății (toxicitatea) pe care aceștia îl au precum și persistența și mobilitatea lor în factorii de mediu.

Pulberile în suspensie (PM), dioxidul de azot (NO₂) și ozonul troposferic (O₃) afectează cel mai mult sănătatea umană. Nivelurile mari de poluare a aerului au în continuare un impact negativ asupra populației, în special a celor care trăiesc în zone urbane. Poluarea aerului are totodată un impact considerabil asupra economiei, scăzând durata de viață, mărinnd costurile medicale și reducând productivitatea economică ca urmare a numărului de zile de lucru pierdute din cauza problemelor de sănătate. Poluarea aerului are un impact negativ și asupra ecosistemelor, pentru că degradează solurile, pădurile, lacurile și râurile și reduce producția agricolă.

Cele mai periculoase efecte pentru sănătatea populației sunt asociate nivelurilor crescute ale ozonului de la nivelul solului, dispersiei particulelor fine și a substanțelor gazoase cu potențial de acidifiere sau eutrofizare cum sunt dioxidul de sulf, oxizii de azot sau amoniacul. Dioxidul de carbon, protoxidul de azot, metanul și compușii organici clorurați și fluorurați sunt considerați responsabili de încălzirea accelerată a atmosferei și de producerea unor fenomene meteorologice extreme.

Politicile anterioare și actuale și progresele tehnologice au dus la un progres lent, dar constant în direcția reducerii acestor efecte negative. Estimările actualizate din raportul privind Calitatea aerului în Europa - 2019 (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>) arată că, în 2016, concentrațiile de PM_{2,5} au cauzat aproximativ 412 000 de decese premature în 41 de țări europene, din care circa 374 000 au fost în cele 28 de state membre ale UE. Impactul estimat al expunerii la NO₂ și O₃ asupra populației din aceste 41 de țări Europene în 2016 a fost de aproximativ 71 000 și 15 100 de decese premature pe an, din care circa 68 000 respectiv 14 000 au fost în cele 28 de state membre ale UE.

O evaluare mai amplă, inclusă în raport, care analizează retrospectiv, arată că decesele premature cauzate de PM_{2,5}, NO₂ și O₃ sunt puțin mai mici ca și în ani anteriori. Acest lucru se datorează punerii în aplicare de politici europene privind calitatea aerului și introducerii de măsuri la nivel național și local care au condus, de exemplu, la automobile, industrie și producție de energie mai ecologice.

Organizația Mondială a Sănătății (OMS) pe baza datelor colectate a estimat că în anul 2016 poluarea aerului a contribuit la 7,6% din totalul deceselor la nivel mondial. Ceea ce relevă că poluarea aerului este acum în lume cel mai mare risc de mediu la adresa sănătății umane. Reducerea poluării aerului ar putea salva milioane de vieți.

Peste 80% dintre persoanele care trăiesc în zonele urbane care monitorizează poluarea aerului sunt expuse la niveluri de calitate a aerului care depășesc limitele orientative OMS, țările cu venituri mici și medii suferind de expuneri cele mai mari, atât în interiorul cât și în exteriorul locuințelor.

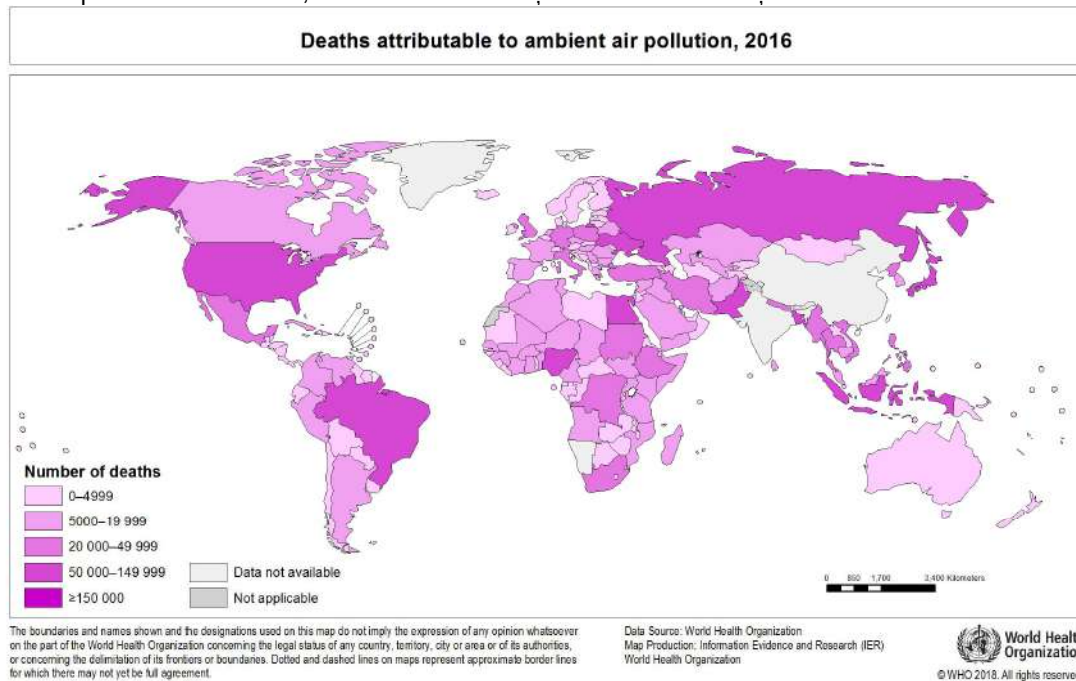


Figura 1. Harta distribuției deceselor atribuite poluării aerului ambiental la nivel global. sursa:
http://gamapserv.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_aap_deaths_2016.png



2. Descrierea modului de realizare a studiului, inclusiv descrierea modelului matematic utilizat pentru dispersia poluanților în atmosferă în vederea elaborării scenariilor/măsurilor și estimării efectelor acestora.

La realizarea prezentului studiu s-au utilizat mai multe software de modelare și reprezentare a datelor, astfel încât să răspundă complexității temei, a terenului și condițiilor climatice specifice zonei de implementare a proiectului.

Software utilizate:

- GRAL 20.1.1.0
- GRAMM inclus în interfața GRAL
- SHERPA - city
- COPERT 4
- COPERT STREET LEVEL
- VISAN
- ArcMap
- QGIS

În cele ce urmează o să fie descris fiecare softwer în parte utilizat în realizarea modelării emisiilor, concentrațiilor și dispersiei poluanților după care o să se prezinte datele de intrare și rezultatele modelărilor pentru fiecare sursă în parte.

2.1 Descrierea programelor utilizate și a modelului matematic

GRAL – Graz Lagrangian Model, dezvoltat de către Graz University of Technology, Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics, Inffeldgasse 21A, 8010 Graz, Austria.

Acest program a fost conceput pentru a fi în măsură a procesa cu acuratețe modele practice ce pot fi folosite în terenuri complexe și condiții de vânt modeste (sub 1,5 m/s) la nivelul bazinului intra-alpin austriac. Un alt aspect important al acestui model dezvoltat a fost reprezentat de simularea dispersiei poluanților de la nivelul tunelurilor.

Caracteristicile GRAL au fost ulterior extinse, versiunea curentă incluzând:

- Modelarea la o scară extinsă de domenii: de la nivelul unei singure străzi și până la rețele urbane cu secțiuni de zeci de kilometri sau chiar de la nivel regional, acolo unde topografia sau utilizarea terenurilor influențează atributele legate de vânt;
- Modelări simultane a unor surse multiple, inclusiv a suprafeței rețelelor de drumuri, de puncte sursă, așa cum este cazul tunelurilor sau ventilațiile, coșuri industriale.
- Are capacitatea de a îngloba seturi meteo-climatice anuale
- Modelele de dispersie se realizează pentru o gamă largă de viteze ale vânturilor fără a fi nevoie de minime și pentru toate modelele de stabilitate (calm atmospheric). GRAL are capacitatea de a preziona concentrații în condiții de viteză scăzută a vântului (sub 1m/s), mai corect decât orice alte modele gaussiene
- Permite evaluarea efectelor generate de poziția clădirilor, inclusive a curenților descendenți datorati microclimatelor urbane.



GRAL a fost utilizat extensiv în documentații de reglementare și studii științifice, întrunind exigențele ghidului RVS 040212 de modelare a dispersiei din Austria. Acesta este cel mai adesea utilizat pentru a calcula impactul poluării aerului datorat traficului dar este utilizat cu succes și în alte domenii, așa cum este cazul modelărilor dispersiei din surse de încălzire, etc. GRAL a fost utilizat cu succes și astfel validat într-un număr mare de contexte și țări.

Programul presupune trei modele diferite de abordare a condițiilor meteo-climatice, în funcție de datele de intrare. Sunt astfel posibile interpretări pornind de la valori orare ale seriilor de date, sau de la date statistice ale atributelor legate de curenții de aer (direcție, viteză, clasa de stabilitate). În cazul terenurilor complexe, GRAL poate fi cuplat cu GRAMM. Acest program reprezintă un prognostic Eulerian mesoscalat din punct de vedere al modelului câmpurilor curenților de aer. GRAL este o dezvoltare a unui model Lagrangian. Împreună, cele două modele consider mișcarea fluidelor (în cazul unor volume de aer) la nivelul unei suprafețe în două modalități diferite. În modelul Eulerian, cadrul de referință este unul fix, iar masele de aer trec prin acesta. În modelul Lagrangian traiectoriile volumelor de aer se urmăresc pe măsură ce acestea traversează spațiul de referință. Natura informației fizice din cadrul GRAMM este una complexă, drept pentru care o descriere a acesteia nu își are locul în acest context;

Principalele caracteristici ale GRAMM sunt:

- Un prognostic non-hidrostatic al modelului maselor de aer în mișcare;
- O matrice ce urmărește terenul; La toate nivelurile efectele terenului asupra dispersiei sunt luate în considerare (ex. Curgerile de aer rece)
- Calculul balanței energetice este realizat ținând cont de topografie și efectele de umbrire datorate acesteia;

În contrast cu un model al câmpurilor de diagnostic al aerului, un model pe bază de prognostic permite reprezentarea dinamică a efectelor datorate topografiei locale, cum ar fi obstacolele din calea curenților de aer, fiind astfel în măsură a integra topografia complexă cu o rezoluție orizontală înaltă, de până la 10mp, cu toate că este nevoie totuși de scări mai mari de lucru pentru a înlesni procesarea. Este de altfel indicat a se aplica metoda de potrivire și etalonare a informației astfel încât să poată fi utilizată funcția de re-ordonare a GRAMM.

Deoarece simularea pe bază orară a unei serii de timp a concentrațiilor de poluanți de la nivelul unui an este o operație ce consumă mult timp GRAMM procesează informația în baza unor analize de scenarii meteorologic. Aceste scenarii sunt produsul unor serii orare de măsurători meteorologice de la nivelul punctului de studiu și sunt definite după șapte clase în funcție de atributele legate de vânt și radiație, pe 36 de clase ale direcției potențiale și alți parametri pre-destinați. Sunt generate astfel aproximativ 1000 de situații meteorologice diferite care sunt suficiente pentru a caracteriza toate cele 8760 de ore dintr-un an.

În cadrul GRAL concentrațiile de poluanți sunt previzionate, iar traiectoriile pe cele trei direcții ale particulelor este simulată în mod individual. Traectoria este astfel influențată de curenții de aer.

În cadrul simulării se dă astfel o viteză pentru fiecare particulă în parte, acestea apărând sub formă de concentrații la nivelul fiecărei rețele și la un moment dat. Se obține astfel o sumă, o concentrație a particulelor la un anumit timp dat.

Pentru a obține viteza vântului, GRAL utilizează fie:

1. Curgerile de volum calculate de GRAMM prin interpolare
2. Vitezele de vânt calculate prin GRAL făcând apel la un model simplificat



Emisii

GRAL definește mai multe surse de emisii, după cum urmează:

- Surse staționare (industrie)
- Surse liniare (ex. Drumuri sau căi ferate) – considerându-se în acest caz benzi de emisie cu o dezvoltare pe verticală de 3 m

- Surse suprafață (domestic)
- Surse de tip portal (tuneluri)

În teorie nu există o limită a numărului de surse care pot fi introduse într-un model, cu toate acestea există o limită practică dată de performanțele stațiilor grafice pe care este rulat sau de limitările programului.

Pentru fiecare tip de poluat se dă o cantitate de emisii exprimată în kg/h. Pentru traficul rutier există algoritmi de calcul pre-stabiliți ce se bazează pe modelul NEMO ce a fost de asemenea dezvoltat de Universitatea din GRAZ. Acest model dă posibilitatea realizării unei clasificări a drumurilor.

Localizarea clădirilor și obstacolelor influențează dispersia fiind integrate în modelul GRAL. Acestea pot fi incluse în modelul GRAL fie pe baza unor date avansate fie pe baza unui model simplificat. În cazul utilizării unor modele extinse, din motive practice se utilizează sisteme simplificate.

Pe lângă acestea au mai fost testate și o serie întregă de alte elemente, cum este cazul efectelor de umbră datorat unor obstacole.

Turbulența indusă de vehicule și acest element a fost luat în considerare, creându-se un algoritm ce ține cont de viteza mașinilor, de aceea se utilizează ca model pentru căile de acces, un element rectiliniu ce emite pe verticală până la o înălțime de 3m.

Post procesare

Pentru fiecare situație în care apare un scenariu meteo, la care se adaugă un grup de surse și pentru fiecare zonă cu desfășurare orizontală, se realizează un fișier separat. GRAL combină toate aceste fișiere agregându-le câmp cu câmp, realizându-se astfel un agregat de date pentru care se realizează câte o determinare statistică.

Rezultatele

Modelele realizate sunt:

- Hărți GRAMM ale câmpurilor de mase de aer; hărți în secțiune a diferiților curenți de aer, cuprinzând atributele acestora (direcție/intensitate, viteză, înclinație verticală, etc.)
- Statistici calculate GRAMM pe perioadele de timp ale caracteristicilor maselor de aer
- Situații de stare a concentrațiilor de poluanți
- Situații statistice de agregare, cu marcarea unor minime/maxime a unor histograme temporare, etc.
- Hărți complexe statistice, operaționale și de interpretare a mediilor concentrațiilor de poluanți, etc.

Conversia NO_x în NO₂ poate fi calculată folosind o relație empirică a formei: Aceasta înseamnă că, într-o primă etapă, dispersia NO_x este modelată cu GRAL și apoi NO₂ este derivată dintr-o ecuație de tipul dat mai jos. Acest tip de ecuație funcționează cel mai bine pentru concentrațiile medii anuale.

$$NO_2 = NO_x \cdot \left(\frac{30}{NO_x + 35} + 0.18 \right)$$

S-a făcut această alegere datorită faptului că este un soft complex, ușor de utilizat, cu costuri reduse, acesta putând simula dispersia poluanților într-o gamă largă de situații (dispersia în teren complex care ia în calcul efectul clădirilor, acesta este complet integrat în codul GRAL și este lansat automat ori de câte ori clădirile sunt adăugate, nu există o limită a numărului de surse separate de emisii care pot fi incluse într-o simulare GRAL, scara de aplicare variază de la străzi la aglomerări urbane aflate la zeci de kilometri, la toate scările pe lângă



efectul clădirilor se ia în calcul și/sau topografia, are integrată interfață GIS, permite importul de shp-uri etc. (<http://lampz.tugraz.at/~gral/index.php/2-uncategorised/1-description>).

✚ Modelulul de calcul lagrangiene de tip particulă are în perspectivă un element finit sau așa numita "parcelă de aer". De-a lungul timpului, atât poziția și proprietățile acesteia sunt calculate pe baza datelor medii de câmp de vânt.

Traectoria acestei "parcele de aer" este calculată în baza unei ecuații avansate cu două componente: vânturi medii și turbulențe aleatori.

În general, în timp ce particula este eliberată la momentul t la rat prescrisă, noua poziție este determinată la momentul $(t+\Delta t)$ prin ecuația:

$$\Delta X / \Delta t = A [X(t)]$$

unde: t – timpul

X – vectorul poziție

A – viteza vântului

Pentru poziția initial X_0 , în timp t_0 a parcelei, traectoria este calculate prin ecuația:

$$X_0 (t=t_0) = X_0(X,t)$$

Astfel traectoria "parcele de aer" poate fi definită fiie înainte sau înapoi în timp. Aceste coordonate inițiale sunt numite coordonate Lagrangian, care pot fi calculate prin următoarele ecuații:

$$x(t+\Delta t)=x(t) + [u(t)+ur(t)]\Delta t$$

$$y(t+\Delta t)=y(t) + [v(t)+vr(t)]\Delta t$$

$$z(t+\Delta t)=z(t) + [w(t)+wr(t)]\Delta t$$

Aceste ecuații sunt îmbogățite cu noi variabile: ur , vr , wr fiind componentele de viteză la scara gridului.

Viteza componentelor la scara gridului sunt determinate astfel:

$$ur(t) = ur (t- \Delta t) Ru (\Delta t) + us(t-\Delta t)$$

$$vr(t) = vr (t- \Delta t) Rv (\Delta t) + vs(t-\Delta t)$$

$$wr(t) = wr (t- \Delta t) Rw (\Delta t) + ws(t-\Delta t)$$

unde: variabilele $Ru(\Delta t) = e^{-(\Delta t)/Tu}$

$$Rv(\Delta t) = e^{-(\Delta t)/Tv}$$

$$Rw(\Delta t) = e^{-(\Delta t)/Tw}$$

Aceste formule utilizează variabilele Tu , Tv , Tw casre sunt definite ca intervale de timp Lagrengian pentru componentele de viteză. O dată ce sunt determinate scara de timp Lagrengian, funcțiile autocorelării și intervalul de fluctuații ale vitezei ca abateri standard de tip Gaussian, o fluctuație a vitezei aleatoare este generată și utilizată pentru a calcula viteza noi particule și prin urmare se stabilește poziția noi particule.

Profilurile eoliene standard din GRAL sunt păstrate într-un format cât mai simplu urmărind îndeaproape formatul US-EPA (2000):

$$u(z) = u(z_u) \cdot \left(\frac{z}{z_u} \right)^{ex}$$

$$ex = \text{Max}(0.35 - 0.4 \cdot |L|^{-0.15}, 0.05) \text{ for } L < 0, \text{ and}$$

$$ex = 0.56 \cdot L^{-0.15} \text{ for } L \geq 0$$

(1)

L : lungimea Obukhov (m)



Astfel, profilurile eoliene standard se schimbă continuu cu stratificarea. În condiții neutre și/sau pentru lungimi mari de rugozitate (condiții urbane), exponentul profilului vântului este aproape de 0,20, în timp ce pentru condiții puternic convective scade la 0,05, pentru condiții puternic stabile crește la aproximativ 0,40.

Când GRAL este cuplat cu modelul de prognoză mezoscale GRAMM, câmpurile de flux 3D sunt importate din GRAMM.

Pentru fluctuațiile componente eoliene verticale, modelul Franzese et al. (1999) este implementat în GRAL:

$$dw = a(w, z) \cdot dt + [C_0 \cdot \varepsilon(z)]^{0.5} \cdot dW,$$

$$dz(t) = w(t) \cdot dt,$$

(2), (3)

în cazul în care dw este creșterea vitezei verticale a unei particule, C_0 se presupune a fi o constantă cu valoarea de 4.0 (a se vedea, de exemplu, Wilson și Sawford 1996, Degrazia și Anfossi 1998, Anfossi et al. 2000), $\varepsilon(z)$ este rata medie a modelului de disipare a turbulențelor cinetice, dW este un număr aleatoriu cu media zero, o variație egală cu dt și o funcție de densitate a probabilităților Gaussiene (pdf), iar treapta de timp dt este:

$$dt(z) = 0.01 \cdot \frac{2 \cdot \sigma_w^2}{C_0 \cdot \varepsilon(z)}.$$

(4)

Se presupune că termenul de accelerație determinată este o funcție a vitezei verticale:

$$a(w, z) = \alpha(z) \cdot w^2 + \beta(z) \cdot w + \gamma(z)$$

(5)

unde $\alpha(z)$, $\beta(z)$ și $\gamma(z)$ sunt parametri necunoscuți, care sunt determinați din ecuația Fokker-Planck. Ecuație Planck:

$$w \cdot \frac{\partial P_E(w, z)}{\partial z} = - \frac{\partial [a(w, z) \cdot P_E(w, z)]}{\partial w} + \frac{C_0 \cdot \varepsilon(z)}{2} \cdot \frac{\partial^2 P_E(w, z)}{\partial w^2},$$

(6)

Unde $P_E(w, z)$ este pdf-ul Eulerian al vitezei turbulente verticale la o anumită înălțime z .

Prin asumarea unei forme funcționale pătratice pentru accelerație, modelul Franzese et al. (1999) nu are nevoie de informații despre forma de $P_E(w, z)$, ci necesită doar primele patru momente Euleriane ale vitezei verticale. Coeficienții din eq. (4) pot fi exprimați astfel:

$$\alpha(z) = \frac{(1/3) \cdot \overline{\partial w^4 / \partial z} - \overline{w^3} / (2 \cdot \overline{w^2}) \cdot [\overline{\partial w^3 / \partial z} - C_0 \cdot \varepsilon(z)] - \overline{w^2} \cdot \overline{\partial w^2 / \partial z}}{\overline{w^4} - (\overline{w^3})^2 / \overline{w^2} - (\overline{w^2})^2}$$

(7)

$$\beta(z) = \frac{1}{2 \cdot \overline{w^2}} \left[\frac{\overline{\partial w^3}}{\partial z} - 2 \cdot \overline{w^3} \cdot \alpha(z) - C_0 \cdot \varepsilon(z) \right]$$

(8)

$$\gamma(z) = \frac{\overline{\partial w^2}}{\partial z} - \overline{w^2} \cdot \alpha(z)$$

(9)

În ec. (7) – (9) w^i ($i=1, 2, 3, 4$) denotă cele mai înalte momente Euleriane ale vitezei verticale.

Primul moment este media vitezei verticale, care este stabilită egal cu zero, iar al doilea moment - variația - se calculează în condiții stabile sau neutre $w^2 = 1.56 \cdot u^2$ (10)
condiții convective

$$\overline{w^2} = u_*^2 \cdot \left[1.15 + 0.1 \cdot \left(\frac{z_i}{-L} \right)^{0.67} \right]^2 \quad (11)$$

Figura 1 prezintă abaterile standard observate versus cele standard calculate ale componenteii eoliene verticale pentru toate valorile. Pentru ambele seturi de date, este cazul o ușoară supraestimare a valorilor observate. Cu toate acestea coeficienții de determinare sunt destul de rezonabili. Eq. (10) și (11) sunt independente la înălțimea deasupra solului. După s-a raportat în Janicke și Janicke (2011), care au comparat profilurile verticale ale abaterilor standard de viteză verticală de la diferite campanii de măsurare, în prezent nu există o imagine clară dacă aceste creșteri, scăderi sau nu variază semnificativ cu înălțime.

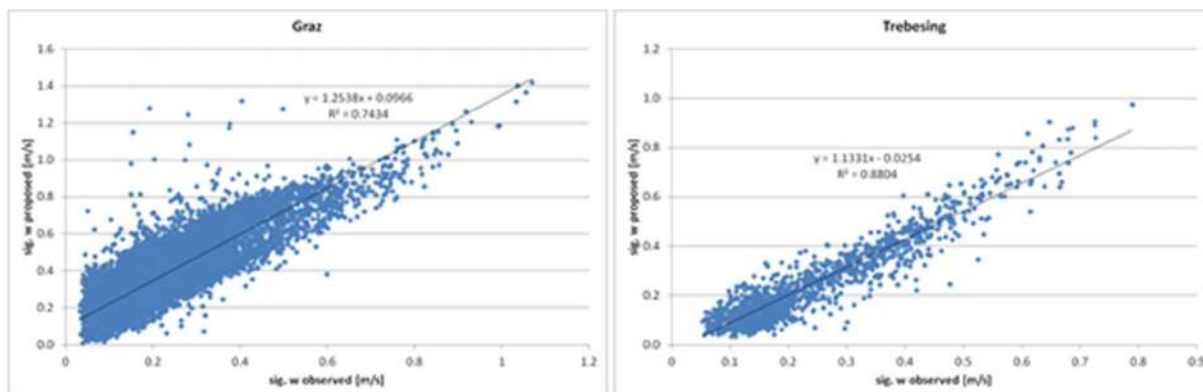


Figura 2. Compararea abaterilor standard observate și calculate ale fluctuațiilor verticale ale vântului

Al treilea moment a fost considerat a fi în condiții stabile și neutre și pentru stratul de suprafață, în general $w^3 = 0$ (12)

condiții convective:

$$\overline{w^3} = w_*^3 \cdot 1.1 \cdot \left(\frac{z}{z_i} \right) \cdot \left(1 - \frac{z}{z_i} \right)^2 \quad (\text{Franzese et al. 1999}), \quad (13)$$

z_i este înălțimea PBL, u^* este viteza de frecare, w^* este scara de viteză convectivă, iar h este înălțimea PBL stabilă și calculată

$$L \geq 0: h = \text{MIN} \left[0.4 \cdot \left(\frac{u_* \cdot L}{f} \right)^{\frac{1}{2}}, 800 \right] \quad (\text{Hanna 1982}), \quad (14)$$

$$L < 0: z_i = \text{MIN} \left[0.4 \cdot \left(\frac{u_* \cdot L}{f} \right)^{\frac{1}{2}}, 800 \right] + 300 \cdot e^{0.01L} \quad (15)$$

În ec. (15) – (16) L este lungimea Obukhov, iar $f = 0.0001 \text{ s}^{-1}$ este parametrul Coriolis.

$$\text{condiții convective } w^4 = 3.5 \cdot \left\{ w^2(z) \right\}^2 \quad (\text{Franzese et al. 1999}), \quad (16)$$

$$\text{în condiții stabile și neutre și în stratul de suprafață } w^4 = 3 \cdot \left\{ w^2(z) \right\}^2, \quad (17)$$

care este presupunerea Gaussiană.

Rata medie de disipare a energiei cinetice turbulente $\varepsilon(z)$ a fost luată pentru întregul BL în toate condițiile, într-o formă ușor modificată în conformitate cu Kaimal și Finnigan (1994).

$$\varepsilon = \frac{u_*^3}{kz} \left[1 + 0.5 \cdot \left| \frac{z}{L} \right|^{0.8} \right]^{1.8} \quad (18)$$

Spre deosebire de funcția sugerată de Kaimal și Finnigan (1994), ec. (18) în combinație cu ec. (10)-(11) duce la scalări verticale de viteză Lagrangiană integrală, care nu cresc continuu cu înălțimea, dar care devin asimetric constante stabile și convective. În condiții neutre, viteza verticală Lagrangiană integrală crește continuu cu înălțimea. Această ipoteză pare să fie fizic mai realistă, mai ales în condiții stabile.

Figura 4 prezintă ratele medii ale disiparelor turbulente derivate din observațiile pentru setul de date Graz și cele calculate cu ec. (18). Datele anemometrului sonic (1 Hz) au fost utilizate anterior pentru studierea turbulențelor în condiții de viteză redusă a vântului și sunt descrise în Anfossi et al. (2004). Ratele de disipare au fost derivate conform metodei descrise în Anfossi et al. (1999). Acestea au fost grupate și mediate.

Astfel, fiecare punct reprezintă o valoare medie de peste câteva sute de ore unice. După se poate observa, ratele de disipare calculate cu ec.(18) corespund bine celor derivate din observații. Trebuie remarcat faptul că, de asemenea, funcția inițială propusă de Kaimal și Finnigan (1994) duce la rezultate bune similare.

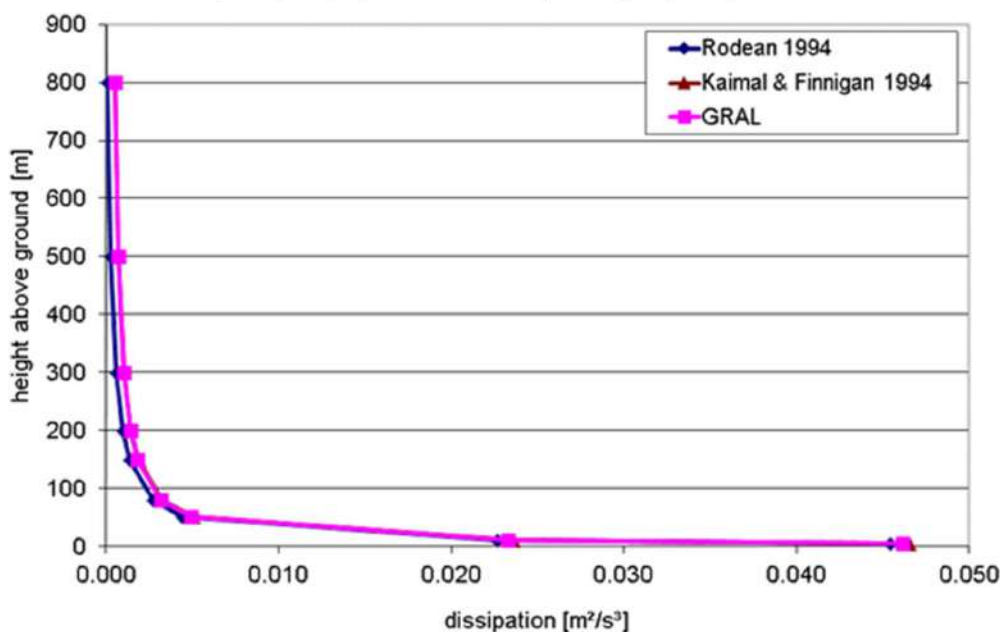


Figura 3. Compararea funcțiilor propuse pentru rata medie a modelului de disipare a energiei cinetice turbulente pentru condiții neutre.

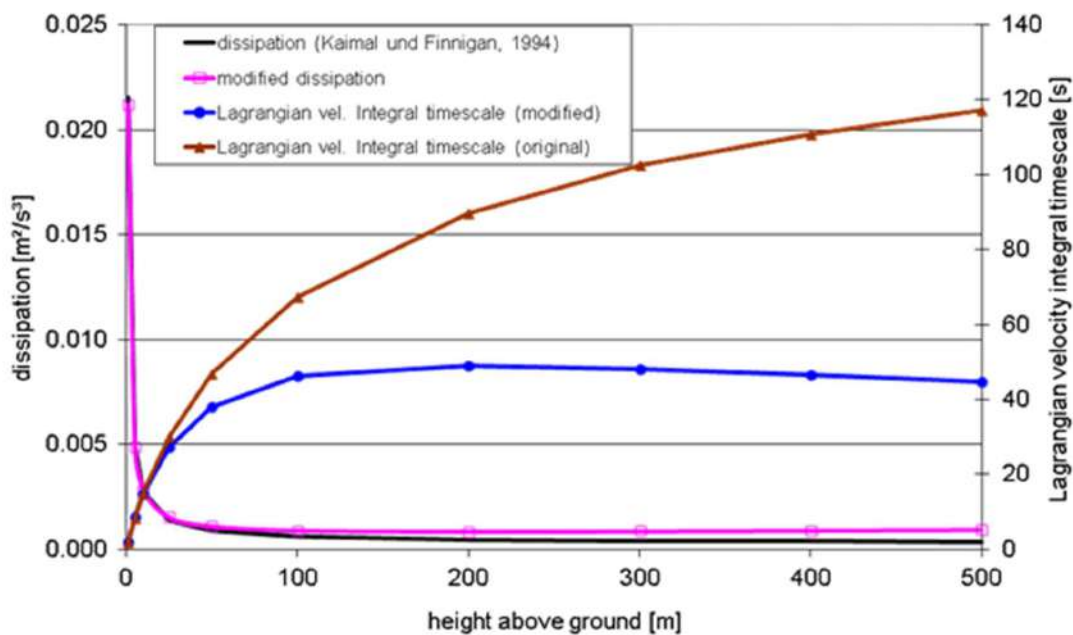


Figura 4. Variația vitezei Lagraniene în funcție de rata medie a modelului ales de disipare turbulentă (ec. 9 este utilizat pentru variația vitezei verticale) pentru condiții stabile.

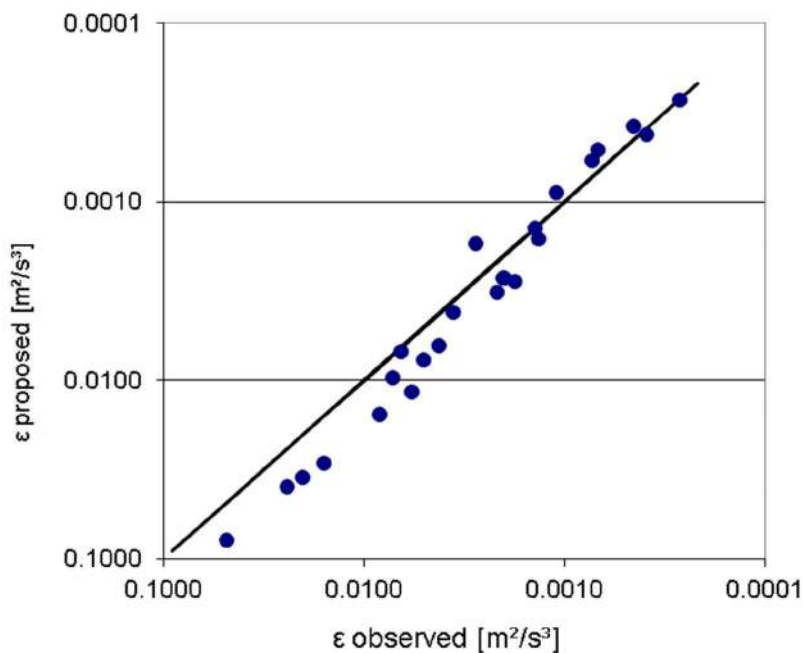


Figura 5. Compararea ratelor medii ale disiparelor turbulente pe baza observațiilor și a celor calculate cu ec. (18)



Dispersia pe orizontală

Este important nu numai să se utilizeze abaterile standard și longitudinală într-un model de dispersie, ci și să avem o idee despre spectrele de putere corespunzătoare. În GRAL se observă o funcție de autocorelare Eulerian (EAF) sau pot fi utilizate cele parametrizate. Pentru viteze mai mari ale vântului se presupune că se aplică un EAF exponențial, iar pentru viteze mai scăzute ale vântului ($< 2.0 \text{ m s}^{-1}$), se aplică o expresie în conformitate cu Frenkiel (1953), astfel se propune în Anfossi et al. (2004):

$$R(\tau) = e^{-p\tau} \cos(q\tau) \quad (19)$$

$R(\tau)$ este funcția de autocorelare, τ este întârzierea, p este un parametru care poate fi asociat cu scara clasică de timp integrală pentru turbulențele complet dezvoltate, iar q poate fi asociat cu comportamentul oscilant datorită șerpuirii. Parametrul q poate fi obținut prin aplicarea unei potriviri numerice a ecuației (28) la EAF-urile observate utilizând cele mai puține pătrate sau utilizând următoarele relații empirice:

$$m = \frac{8.5}{(\bar{u} + 1)^2} \quad (20)$$

$$T = \frac{m(200m + 350)}{2\pi(m^2 + 1)} \quad (21)$$

$$q = \frac{m}{(m^2 + 1)T} \quad (22)$$

$$p = \frac{C_0 \cdot \varepsilon}{2 \cdot \sigma_u^2} \quad (23)$$

Exemple tipice de EAF observate și approximate pentru componenta vânt încrucișat sunt descrise în Figura 10. În timp ce pentru cazul în care viteza vântului este redusă ($u = 0,5 \text{ m s}^{-1}$) variația este vizibilă, în cazul în care viteza vântului este mai mare ($u = 1.9 \text{ m s}^{-1}$) este mai bine aproximată printr-o funcție exponențială.

Odată ce parametrii p și q au fost determinați, se ia următorul set de ecuații Langevin (=ecuație diferențială stohastică) pentru a modela dispersia orizontală (Anfossi et al., 2010).

$$du = \left\{ -p(u - \bar{u}) - q(v - \bar{v}) + \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} u + \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} v + \sigma_u \frac{\partial \sigma_u}{\partial x} + \frac{(u - \bar{u})}{\sigma_u} \left[\frac{\partial \sigma_u}{\partial x} u + \frac{\partial \sigma_u}{\partial y} v \right] \right\} dt + \sqrt{2 p dt} \sigma_u \xi_u \quad (24)$$

$$dv = \left\{ q(u - \bar{u}) - p(v - \bar{v}) + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} u + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} v + \sigma_v \frac{\partial \sigma_v}{\partial y} + \frac{(v - \bar{v})}{\sigma_v} \left[\frac{\partial \sigma_v}{\partial x} u + \frac{\partial \sigma_v}{\partial y} v \right] \right\} dt + \sqrt{2 p dt} \sigma_v \xi_v \quad (25)$$

unde du și dv sunt fluctuațiile vântului pe direcțiile x și y . ξ_u și ξ_v sunt etape ale unui proces Wiener cu medie zero și o deviație standard a unei funcții probabile de densitate Gaussiană și $\sigma_{u,v}$ sunt deviațiile standard ale fluctuațiilor pe orizontală ale vântului.

Acestea din urmă sunt calculate printr-o funcție empirică pură bazată pe propriile observații cu anemometru sonic în Graz într-o vale alpină (Trebesing):

$$\frac{\sigma_{u,v}}{U} = (0.2 \cdot \bar{U}^{-0.9} + 0.32 \cdot z_0 + 0.18) * C_{time,uv} \quad (26)$$

În plus, se aplică o valoare minimă de 0,3 m/s pentru $\sigma_{u,v}$. Factorul empiric $C_{time,uv}$ reprezintă influența timpului de mediere ales T (de obicei 3600 s) pe $\sigma_{u,v}$. Pe baza datelor înregistrate cu anemometru sonic în Graz, următoarea relație este utilizată în GRAL:

$$C_{time,uv} = \left(\frac{\bar{T}}{3600} \right)^{0.2} \quad (27)$$

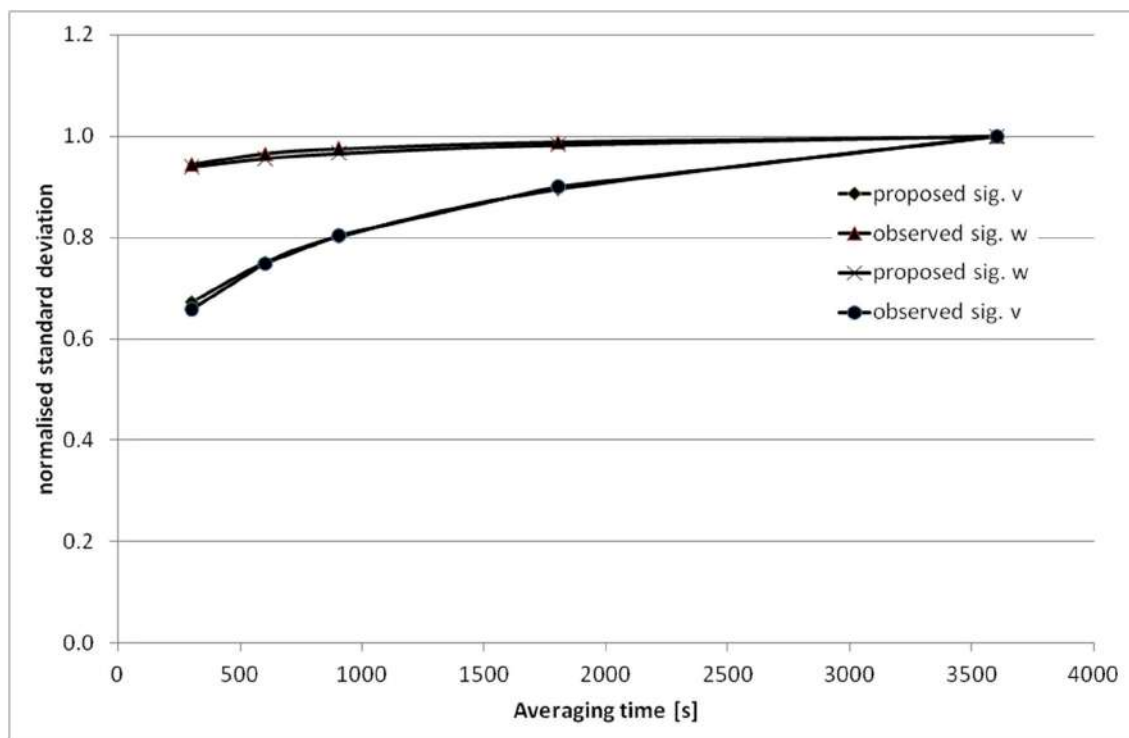


Figura 6. Relațiile observate și propuse între abaterile standard normalizate (la 3.600 s) ale fluctuațiilor componentelor eoliene și timpul de mediere

Ecuția (26) este o formă neobișnuită pentru a calcula $\sigma_{u,v}$. În cele mai multe cazuri, viteza de frecare este folosită ca parametru de scalare. Următoarele puncte ar trebui remarcate cu privire la ec. (26):

- din punct de vedere fizic, relația propusă este greșită, deoarece unitățile nu sunt corecte. Cu toate acestea, teoria similitudinii, de obicei, nu reușește în condiții de viteză redusă a vântului ceea ce face dificil (imposibil?) pentru a găsi parametrii de scalare corespunzătoare.
- ecuația propusă se bazează pe presupunerea că abaterile standard orizontale ale fluctuațiilor vitezei vântului sunt independente de stabilitate (spre deosebire de majoritatea formulărilor propuse în literatura de specialitate), dar depind de condițiile de viteză redusă a vântului și de condițiile de viteză ridicată a vântului pe turbulențe induse mecanic, care pot fi exprimate în funcție de rugozitate.

- Observațiile din apropiere de Torino (Italia) indică faptul că nu există aproape nicio dependență de stabilitate, în special cu o înălțime în creștere deasupra solului (Trini-Castelli, 2011).
- observațiile nu ne dau o imagine clară cu privire la modul în care $\sigma_{u,v}$ se schimbă cu înălțimea. Observațiile din apropiere de Hamburg (Germania) indică o creștere moderată a $\sigma_{u,v}$ în condiții stabile, în timp ce în condiții neutre și convective nu este vizibilă nicio dependență clară de înălțime (Janicke și Janicke, 2011). Ec. (26) rezultă în mici verticale modificări în condiții convective și neutre, în timp ce în condiții stabile $\sigma_{u,v}$ crește semnificativ cu înălțimea. În terenuri complexe pot fi specifice profile verticale pot fi foarte specifice site-ului, care, eventual, pot fi descrise mai bine cu ec. (26), datorită dependenței de viteza vântului, mai degrabă decât formulări bazate pe viteza de frecare și lungimea Monin- Obukhov.
 - în comparație cu noile formulări (VDI 3783-8) care trebuie utilizate în modelul standard german și cu formulările mai vechi propuse de Hanna (1982), ec. (26) funcționează mai bine pentru seturile de date Graz și Trebesing. Comparația dintre Hanna și ecuația VDI 3783-8 propusă în prezent cu observațiile Graz și Trebesing se bazează pe u^* calculat, dar au fost observate valorile L și nu cele modelate. În aplicații practice, L nu este, de asemenea, disponibil și trebuie să fie derivat din clasele de stabilitate, și lungimi de rugozitate. Astfel, ambele ecuații (Hanna, VDI 3783-8) pot duce la incertitudini și mai mari, astfel se indică în figura 8 și figura 9.

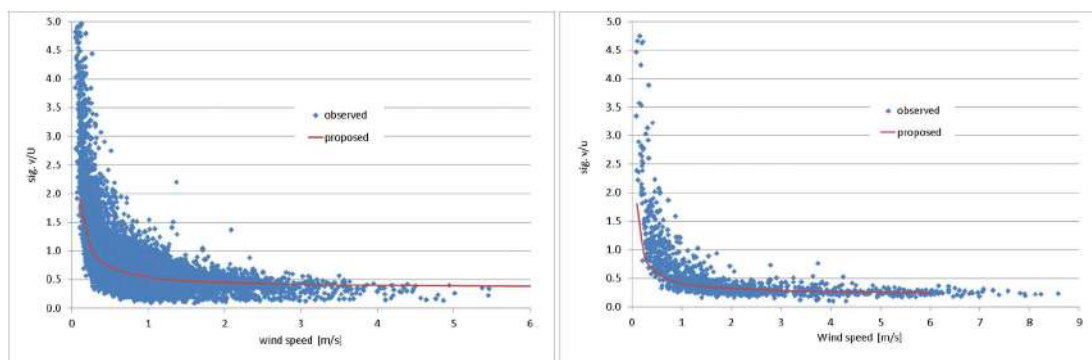


Figura 7. Relațiile observate și propuse între $\frac{\sigma_{u,v}}{\bar{U}}$ și viteza medie a vântului \bar{U} (stânga: Date Graz; dreapta: Date Trebesing)

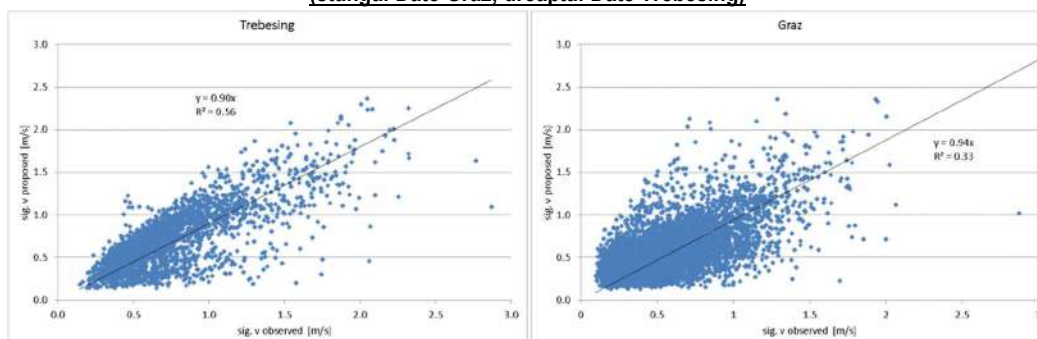


Figura 8. Parcela scatter a celor observate $\sigma_{u,v}$ (Graz: $z_0=0.6m$; Trebesing:

MDEP

$z_0=0.15m$

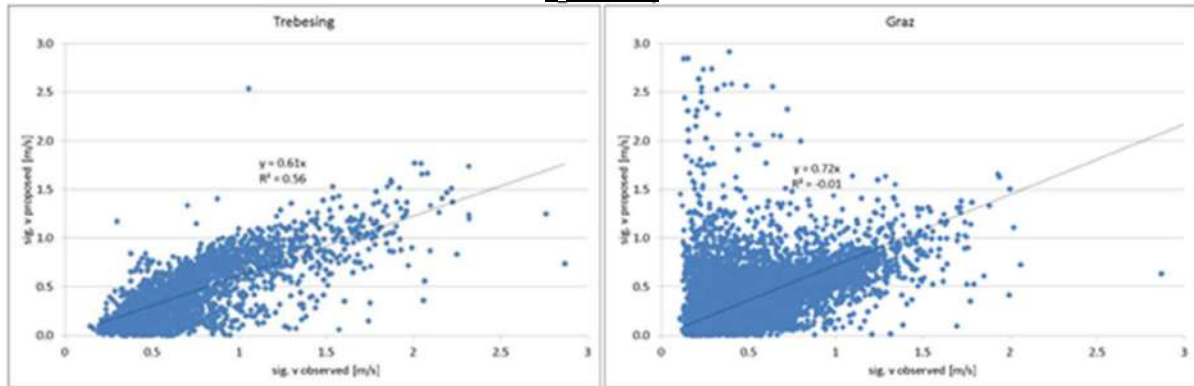


Figura 9. Dispersia parcelei observate vs σ_v propus în acord cu noul model standard VDI

3783-8.

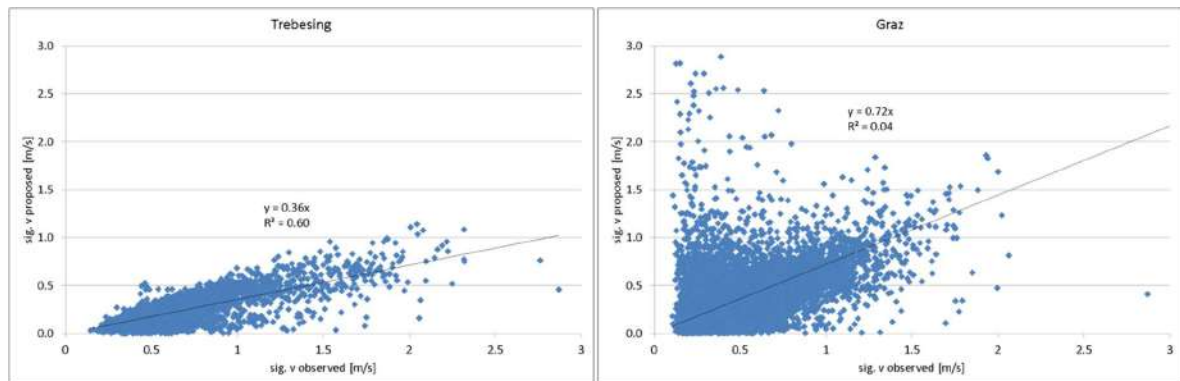


Figura 10. Parcela Scatter vs σ_v propus în conformitate cu Hanna (1982).

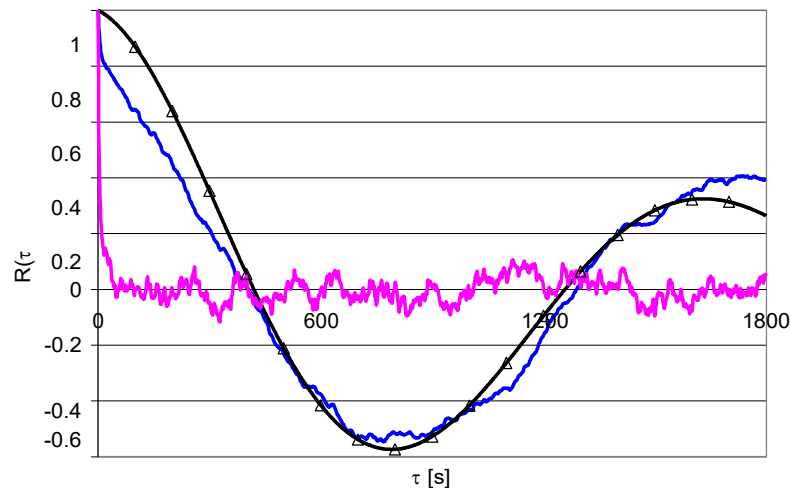


Figura 11. Exemplu de funcție de autocorelare Euleriană observată pentru componenta cross-wind (albastră), pentru componenta verticală a vântului (roz) și componenta modelată a vântului încrucișat cu GRAL (negru, triunghiuri) într-o vale alpină într-o stare de viteză redusă a vântului.



Dinamica ascensiuni penei

În GRAL, modelul lui Hurley (2005) se aplică într-un mod ușor modificat. Creșterea penei este în conformitate cu următoarea formulă de creștere:

$$\frac{dG}{dt} = 2R(\alpha w_p^2 + \beta u_a w_p + 0.1 u_p \sqrt{E}) \quad (28)$$

$$\frac{dF}{dt} = -\frac{sM}{u_p} \left(\frac{M}{M_{eff}} u_a + w_p \right) \quad (29)$$

$$\frac{dM}{dt} = F \quad (30)$$

$$G = \frac{T_a}{T_p} u_p R^2 \quad (31)$$

$$F = g u_p R^2 \left(1 - \frac{T_a}{T_p} \right) \quad (32)$$

$$M = \frac{T_a}{T_p} u_p R^2 w_p \quad (33)$$

$$w_p = \frac{M}{G} \quad (34)$$

$$R = \sqrt{\frac{G + F/g}{u_p}} \quad (35)$$

$$u_p = \sqrt{u_a^2 + w_p^2} \quad (36)$$



G, F, M = volumul penei, flotabilitate și respective fluxul de impuls,
 R = raza penei (partea transversal a pălării de sus),
 E = energia cinetică turbulentă,
 U, v, w = componentele carteziene respective x, y, z ale vitezei,
 T = temperatura,

$$s = \frac{g}{T_a} \cdot \frac{d\theta}{dz} \quad \text{în GRAL } s \text{ este setat la zero pentru condiții convective și neutre}$$

$$\frac{d\theta}{dz} = 0.04 \cdot e^{-0.05L}$$

În condiții stabile :

Indicele α se referă la variabilele ambientale, subscriptul p se referă la variabilele penei, $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.6$, sunt pene verticale și constante de antrenare a penelor.

Anfossi et al. (2003) a sugerat să se ia $\beta = 0.7$ pentru îmbunătățirea rezultatelor în cadrul experimentelor rezervoarelor de apă a lui Willis și Deardorff (1987). În condiții convective, o valoare de $\beta = 1.0$ a fost utilizat pentru a îmbunătăți rezultatele modelării pentru experimentele de trasor.

$$\frac{M}{M_{eff}} = \frac{1}{2.25} \quad g = \text{constanta gravitațională (9.8 ms}^{-2}\text{)}$$

Condițiile inițiale pentru aceste ecuații sunt:

$$G_0 = \frac{T_a}{T_s} w_s R_s^2, \quad F_0 = N_E g w_s R_s^2 \left(1 - \frac{T_a}{T_s} \right), \quad M_0 = \frac{T_a}{T_s} w_s^2 R_s^2, \quad R_0 = \sqrt{\frac{w_s}{(u_a^2 + w_s^2)^{0.5}}}$$

Creșterea penei este calculată în conformitate cu:

$$dz_p = (w_p + \sigma_p) \cdot dt, \quad (37)$$

Unde,

$$\sigma_p = \frac{\alpha w_p^2 + \beta u_a w_p}{3\sqrt{2}u_p}, \quad \text{and } \sigma_{up} = 2\sigma_{wp}.$$

Deviația standard a vitezei orizontale este cea de:

$$\sigma_{u,total} = \sqrt{\sigma_{up}^2 + \sigma_{u,ambient}^2} \quad (38)$$

Mai ales în condiții de viteză redusă a vântului, viteza și direcția vântului au de obicei, abateri mari de la valoarea medie din cauza șerpuii. Acest lucru duce la răspândirea penelor verticale, deoarece diferitele viteze ale vântului conduc la diferite înălțimi ale penei. Pentru a ține cont de acest efect pe direcția verticală, viteza vântului u_a în GRAL nu este luat în mod constant pentru perioada de mediere (de obicei 30 - 60 min), dar este luat dintr-un pdf Gaussian cu o abatere standard egală cu:

$$\sigma_{ws} = 0.31 \cdot u_a + 0.25, \quad (39)$$



care se bazează pe observații a anemometrului sonic în Graz (pentru o scurtă descriere a acestui set de date Anfossi et. al. 2004).

Creșterea penei se încheie atunci când rata de disipare a penei scade la nivelurile ambientale:

$$\varepsilon_p = 1.5 \frac{w_p^3}{(\overline{z_p} - h_s)} < \varepsilon_a(\overline{z_p}) \quad \text{în condiții conective, și} \quad (40a)$$

$$\varepsilon_p = 0.5 \frac{w_p^3}{(\overline{z_p} - h_s)} < \varepsilon_a(\overline{z_p}) \quad \text{în condiții neutre și stabile} \quad (40b)$$

z_p = înălțimea medie a penei deasupra nivelului solului,

h_s = înălțimea coșului.

Rata de disipare ambientală se determină în conformitate cu ec. (18). Trebuie menționat faptul că Anfossi et al. (2003) a sugerat încetarea creșterii penei în condiții stabile ori de câte ori flotabilitatea particulelor este egală sau mai mică decât zero. Astfel, pentru penele non-flotante cu o anumită viteză de ieșire, înălțimea efectivă a penei rezultată este de asemenea, zero. Pentru a evita acest lucru, numai rata de disipare a fost utilizată în condiții stabile și neutre pentru încetarea creșterii penei. Dar rata de disipare a penei a fost scăzută în scopul de a obține înălțimi mai mici eficiente penei în aceste condiții.

În primele 20 de secunde de creștere a penei, treaptă de timp este limitată la 0,2 s, și w_p este calculat ca valoare medie din valoarea de înainte și după fiecare treaptă de timp.

Metode GRAL

a. – Pre-procesarea datelor meteorologice

Există mai multe modalități de furnizare a informațiilor meteorologice de intrare:

1. Date de intrare a vitezei vântului, - direcției, u^* , L, $\sigma_{u,v,w}$, m, și T. Astfel de date pot fi prelucrate din observații. Nu se utilizează degradeuri verticale în acest caz.
2. Date de intrare a vitezei vântului, - direcției, u^* , L, $\sigma_{u,v}$ și h. Viteza vântului, -direcția și $\sigma_{u,v}$ poate fi furnizate la diferite înălțimi. GRAL efectuează o interpolare liniară între observații.
3. Date de intrare a vitezei vântului, - direcției, și L la diferite înălțimi. Din nou o interpolare liniară între aceste observații.
4. Date de intrare pe baza definirii celor 3 clase de stabilitate (3=stabil, 2=neutru și 1=convectiv), viteza vântului, - direcție și frecvență.
5. Date de intrare pe baza definirii celor 7 clase de stabilitate (clasePGT), viteza vântului, - direcția și frecvența. Acesta este cel mai comun format de intrare pentru aplicațiile de reglementare.

În funcție de opțiunile de intrare alese, cantitățile de turbulențe lipsă corespunzătoare trebuie să fie calculate de GRAL (preprocesor meteorologic).

Atunci când clasele de stabilitate sunt utilizate ca intrare, lungimea Obukhov se calculează pe baza sugestiilor modelului standard german al stratului de margine (VDI 3783-8) utilizând următoarele relații:



$$L = \text{Min} \left(\frac{1}{(a \cdot [z_0 \cdot 100]^b)}, -4 \right) \text{ for stability classes A-C,} \quad (41)$$

$$L = \text{Max} \left(\frac{1}{(a \cdot [z_0 \cdot 100]^b)}, 4 \right) \text{ for stability classes E-G} \quad (42)$$

$$L = 1000 \text{ for stability class D} \quad (43)$$

a și b sunt constante, care depind de clasa de stabilitate, iar z_0 este lungimea rugozității.

Tabel 1. Constante empirice a, și b pentru determinarea lungimii Obukhov

	a	b
A	-0.37	-0.55
B	-0.12	-0.50
C	-0.067	-0.56
E	0.01	-0.50
F	0.05	-0.50
G	0.20	-0.55

Viteza de frecare este apoi calculată în conformitate cu Venkatram și Du (1997) pentru:

condiții stabile $\frac{u_a}{u_*} = \frac{1}{k} \cdot \left[\ln \left(\frac{z_a}{z_0} \right) + 5 \cdot \left(\frac{z_a}{L} \right)^2 \right]$ (44)

și pentru condiții convective $\frac{u_a}{u_*} = \frac{1}{k} \cdot \left[\ln \left(\frac{z_a}{z_0} \right) - \psi_m \left(\frac{z_a}{L} \right) \right]$ (45)

unde $\psi_m = \ln \left(\frac{1+x^{-2}}{2} \left[\frac{1+x^{-1}}{2} \right]^2 \right) - 2 \cdot \tan^{-1} x^{-1} + \frac{\pi}{2}$ (46)

și $x = \left(1 - 16 \cdot \frac{z_a}{L} \right)^{0.25}$ (47)

z_a : este înălțimea anemometrului deasupra nivelului solului, și u_a viteza vântului observată la acea înălțime. Valoarea minimă pentru u_* este setată la 0,02 m/s. Din figura 13 se poate concluziona că vitezele de frecare calculate subestimează valorile observate. Această eroare este parțial compensată de faptul că expresia deviației standard vertical eoliene supraestimează valorile observate (Figura 11).

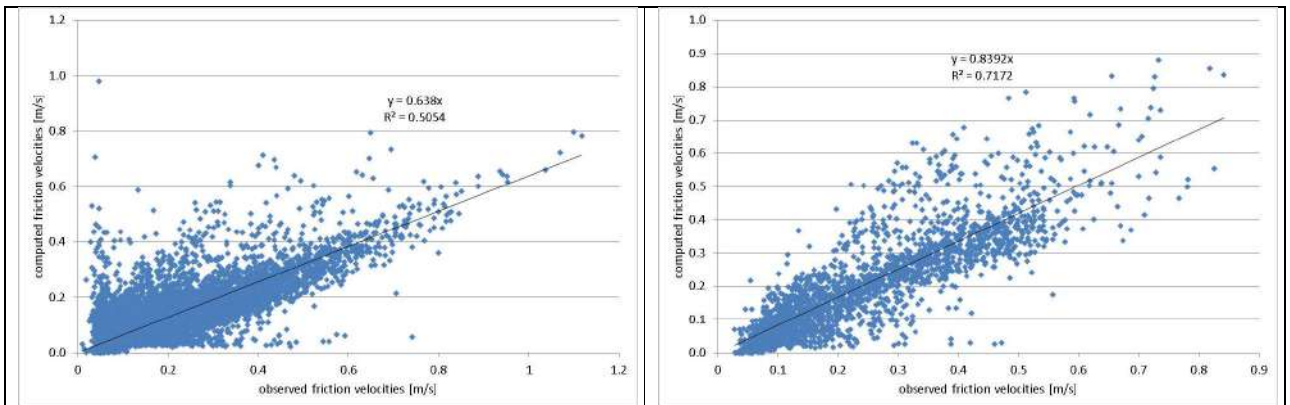


Figura 12. Comparație între vitezele de frecare observate și cele compute (stânga: setul de date Graz; dreapta: Setul de date Trebesing)

Gestionarea timpului

Concentrațiile se calculează în funcție de:

$$C = \sum_{i=1}^R \frac{m_{p,i}}{dV \cdot T_{ges}} dt \quad (48)$$

unde m_p este masa unei particule definite de emisiile totale pe unitate de timp din cadrul domeniului model împărțit la numărul total de particule eliberate pe unitate de timp. R este numărul total de pași de integrare. Numărul total de particule eliberate este definit de:

$$N = T_{ges} \frac{dn}{dt} \quad (49)$$

în cazul în care dn/dt sunt particulele specificate de utilizator eliberat pe secundă. dV este volumul unei celule, iar T_{ges} este timpul de mediere pentru calculul concentrației definit de utilizator (de obicei 1800 s sau 3600 s).

GRAL oferă două opțiuni pentru calculul seriei de timp:

- mod în regim staționar (standard):
 - calculul câmpurilor de concentrație la starea de echilibru: În acest caz, particulele sunt urmărite până când părăsesc domeniul modelului, indiferent de timpul de care au nevoie pentru a face acest lucru. Deoarece numărul total de particule eliberate se calculează în conformitate cu ec. $\bar{c} = \frac{C}{L(t + \tau)}$ nu există nicio dependență de concentrații în timpul de dispersie selectat.
- mod tranzitoriu:
 - Calculul câmpurilor de concentrații, care depind de timpul de mediere ales: În acest caz, particulele sunt urmărite numai până la expirarea timpului de dispersie. În plus, poziția ultimei particule este redată într-un câmp de concentrație tridimensional, care este stocat pentru următoarea situație meteorologică, unde acest câmp de concentrație este transformat din nou într-o masă de particule. Grila de concentrație se bazează pe grila carteziană utilizată pentru simulările câmpului de curgere microscop în direcția orizontală. În direcția verticală, utilizează înălțimea primei celule de rețea a grilei de câmp de curgere, dar are și un algoritm de întindere verticală independent, care nu este reglabil de utilizator. Grila în sine urmează



terenul. Toate aceste particule secundare au aceleași proprietăți în ceea ce privește vitezele de depunere și sedimentare pentru fiecare grup sursă definit de utilizator. Emisiile pot fi modulate pentru fiecare situație meteorologică și grup sursă utilizând fișierul de intrare "emissions_timeseries.txt".

GRAMM inclus în interfața GRAL

Pentru a lua în considerare topografia terenului, GRAL poate fi legat de modelul de câmp eolian gnostic GRAMM. GRAMM rezolvă ecuațiile de conservare pentru masă, impuls și umiditate. Există, de asemenea, un model de radiații pentru a lua în considerare radiațiile pe unde lungi și scurte. Echilibrul energetic de suprafață se calculează într-un modul de suprafață, în care sunt utilizate mai multe categorii diferite de utilizare a terenurilor pentru a defini rugozitatea suprafeței, emisivitatea, conținutul de umiditate a solului, capacitatea termică specifică a solului și coeficientul de transfer al călduri. GRAMM utilizează un model k-ε model pentru închiderea turbulențelor.

GRAMM poate fi conectat numai cu GRAL, dacă opțiunile 4) sau 5) sunt utilizate ca intrare meteorologică (a se vedea Pre-procesarea datelor meteorologice). Gradientul vertical de temperatură și umiditate, precum și azimutul soarelui sunt alese în dependență de clasa de stabilitate. De exemplu, în condiții stabile, o inversare a temperaturii și nici o radiație solară sunt definite în GRAMM. Acest lucru duce la o răcire a suprafeței și dezvoltarea fluxurilor de drenaj.

Teren complex fără clădiri:

Aici, câmpul eolian și clasele de stabilitate sunt calculate de GRAMM, iar informațiile despre grilă sunt utilizate ca intrare în GRAL. Deoarece GRAMM utilizează o grilă de teren cu o structură tetraedonală destul de complexă (Almbauer, 1995), a fost necesară interpolarea câmpurilor eoliene 3D GRAMM pe o rețea carteziană mai fină stabilită în GRAL pentru a îndeplini conservarea masei. Acest lucru se face prin forțarea sumei tuturor fluxurilor de masă pe suprafețele fiecărui volum de control al grilei carteziene de la zero. În GRAL fluxul de suprafață verticală (pornirea de la partea de jos: fluxul de sus de suprafață al fiecărei celule) este corectat pentru fiecare celulă.

Este ușor de arătat pentru o rețea carteziană că utilizarea acestui câmp de viteză definit la suprafețele volumelor de control, în loc să utilizeze vitezele definite în centrele celulelor de rețea corespunzătoare, este adecvată pentru un model de dispersie lagrangiană, cu condiția ca în orice locație a unei particule este calculată prin interpolare liniară.

Tabel 2. Categoriile de utilizare a terenurilor folosite în GRAMM și GRAL

CLC_CODE	LABEL1_EN	LABEL2_EN	LABEL3_EN	LABEL3_RO
111	Artificial surfaces	Urban fabric	Continuous urban fabric	Spatiu urban continuu
112	Artificial surfaces	Urban fabric	Discontinuous urban fabric	Spatiu urban discontinuu si spatiu rural
121	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Industrial or commercial units	Unitati industriale sau comerciale
122	Artificial	Industrial, commercial	Road and rail networks and	Rețea de cai de



CLC_CODE	LABEL1_EN	LABEL2_EN	LABEL3_EN	LABEL3_RO
	surfaces	and transport units	associated land	comunicatie si terenuri asociate acestora
123	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Port areas	Zone portuare
124	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Airports	Aeroporturi
131	Artificial surfaces	Mine, dump and construction sites	Mineral extraction sites	Zone de extractie a minereurilor
132	Artificial surfaces	Mine, dump and construction sites	Dump sites	Gropi de gunoi
133	Artificial surfaces	Mine, dump and construction sites	Construction sites	Zone in constructie
141	Artificial surfaces	Artificial, non-agricultural vegetated areas	Green urban areas	Zone urbane verzi
142	Artificial surfaces	Artificial, non-agricultural vegetated areas	Sport and leisure facilities	Zone de agrement
211	Agricultural areas	Arable land	Non-irrigated arable land	Terenuri arabile neirigate
212	Agricultural areas	Arable land	Permanently irrigated land	Terenuri irigate permanent
213	Agricultural areas	Arable land	Rice fields	Terenuri cultivate cu orez
221	Agricultural areas	Permanent crops	Vineyards	Vii
222	Agricultural areas	Permanent crops	Fruit trees and berry plantations	Livezi
231	Agricultural areas	Pastures	Pastures	Pasuni secundare
242	Agricultural areas	Heterogeneous agricultural areas	Complex cultivation patterns	Zone de culturi complexe
243	Agricultural areas	Heterogeneous agricultural areas	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	Terenuri predominant agricole in amestec cu vegetatie natura
311	Forest and semi natural areas	Forests	Broad-leaved forest	Paduri de foioase
312	Forest and semi natural areas	Forests	Coniferous forest	Paduri de conifere
313	Forest and semi natural areas	Forests	Mixed forest	Paduri mixte
321	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous	Natural grasslands	Pajisti naturale



CLC_CODE	LABEL1_EN	LABEL2_EN	LABEL3_EN	LABEL3_RO
		vegetation associations		
322	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Moors and heathland	Vegetatie subalpina
324	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Transitional woodland-shrub	Zone de tranzitie cu arbusti (in general defrisate)
332	Forest and semi natural areas	Open spaces with little or no vegetation	Bare rocks	Stancarii
333	Forest and semi natural areas	Open spaces with little or no vegetation	Sparsely vegetated areas	Areale cu vegetatie rara
411	Wetlands	Inland wetlands	Inland wetlands	Mlastini
511	Water bodies	Inland waters	Water courses	Cursuri de apa
512	Water bodies	Inland waters	Water bodies	Acumulari de apa

Pentru o vizualizare mai bună este prezentată pentru o grilă bidimensională, dar poate fi extinsă cu ușurință la trei dimensiuni. Figura 12 prezintă nomenclatura utilizată ulterior. Deoarece fluxurile de masă obținute la suprafețe pentru fiecare volum de control din modelul câmpului eolian respectă conservarea masei se poate scrie astfel:

$$U_1 \cdot DY - U_2 \cdot DY + V_1 \cdot DX - V_2 \cdot DX = 0 \quad (50)$$

și

$$\frac{U_1}{DX} - \frac{U_2}{DX} + \frac{V_1}{DY} - \frac{V_2}{DY} = 0 \quad (51)$$

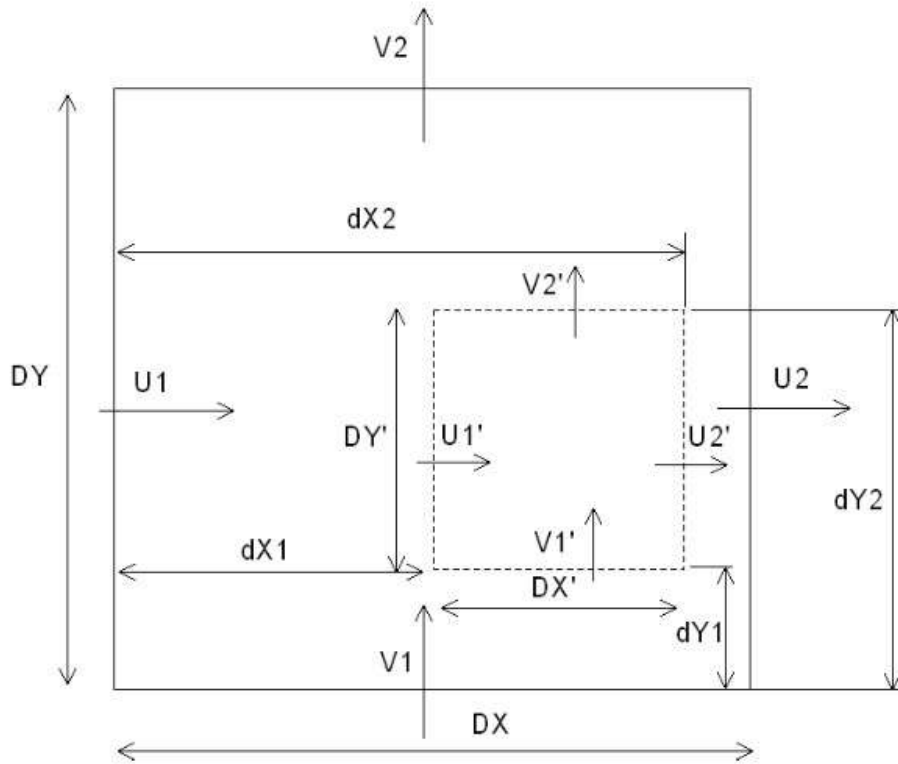


Figura 13. Nomenclatura utilizată pentru verificarea, că conservarea masei rămâne atunci când se utilizează un algoritm de interpolare liniară pentru a determina componentele vitezei la fiecare locație a particulelor.

Pentru orice volum arbitrar (linii punctate în figura 12) într-un hexahedron se poate controla conservarea masei atunci când se aplică un algoritm de interpolare liniară după cum urmează:

$$U_1' \cdot DY' - U_2' \cdot DY' + V_1' \cdot DX' - V_2' \cdot DX' = \left(\frac{U_2 - U_1}{DX} \cdot dX + U_1 \right) \cdot DY' - \left(\frac{U_2 - U_1}{DX} \cdot dX + U_1 \right) \cdot DY' + \left(\frac{V_2 - V_1}{DY} \cdot dY + V_1 \right) \cdot DX' - \left(\frac{V_2 - V_1}{DY} \cdot dY + V_1 \right) \cdot DX' \quad (52)$$

Și după un calcul simplu se obține:

$$U_1' \cdot DY' - U_2' \cdot DY' + V_1' \cdot DX' - V_2' \cdot DX' = DY' \cdot DX' \cdot \left(\frac{U_1}{DX} - \frac{U_2}{DX} + \frac{V_1}{DY} - \frac{V_2}{DY} \right) = 0 \quad (53)$$

Dispersia în prezența obstacolelor - Teren complex (folosind câmpuri eoliene GRAMM grosiere)

În cazul domeniilor de modele mai mari (de exemplu, la scară urbană), GRAL oferă o procedură simplă pentru a lua în considerare obstacolele în calculele de dispersie. În GRAL utilizatorul poate specifica o grilă carteziană mult mai fină, decât cea utilizată în GRAMM. De exemplu, atunci când simulările GRAMM au fost efectuate cu o distanță orizontală a rețelei de 300 m, dimensiunile grilei de exemplu 5m în GRAL ar putea fi alese pentru a rezolva structurile cu obstacole.

Într-o primă etapă GRAL interpolează câmpurile eoliene 3D ale GRAMM pe o grilă carteziană mai fină, așa este descrisă în cap. anterior. Există două metode diferite disponibile pentru a lua în considerare clădirile:

- Abordare a diagnosticului (nivel 1 - numai pentru domenii de model foarte mari recomandate):

În apropierea clădirilor este introdus un profil de vânt logaritm. Se utilizează următoarea funcție:

$$u_{u,v}^* = u_{u,v}^{int} \cdot \prod_{i=1}^n \frac{\ln\left(\frac{s_i}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{20}{z_0}\right)}, \quad (54)$$

Unde $u_{u,v}^{int}$ sunt componentele câmpului eolian interpolat din calculele de rezoluție grosistă, iar s_i sunt distanțele către toate clădirile din apropiere pe o rază de 20 m (Figura 13 și Figura 14). La distanțe mai mari nu se presupune nicio influență a obstacolelor asupra punctului de rețea. O valoare de 0,1m (~1/30 din dimensiunile obstacolelor dintr-un canion stradal, de exemplu parcare de mașini; Zannetti, 1990) este ales pentru lungimea rugatii z . Conservarea masei se obține prin rezolvarea ecuației ecuație etiativ pentru a obține un câmp de presiune 3D, care este ulterior utilizat pentru a corecta componentele vitezei:

$$\rho \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = \frac{\partial^2 \bar{p}}{\partial x_i^2} dt \quad (55)$$

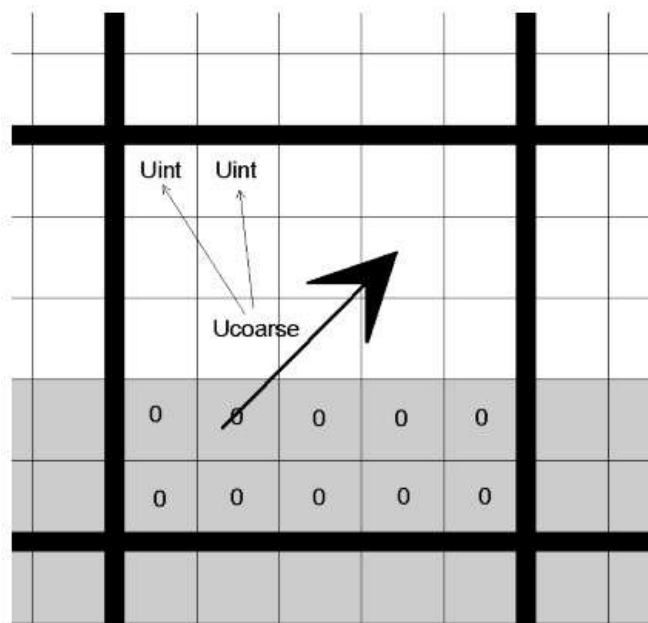


Figura 14. Schița procedurii de interpolare utilizată pentru a obține o primă supozitie de câmp de vânt pentru grila carteziană fină (linii subțiri), ce rezolvă structurile de clădiri, de la simularea câmpului eolian gros (linii groase). De notati că diferența dintre grila grosică din aplicații mezoscale și grila fină este mult mai mare ca cea prezentată aici. Obstacolele sunt marcate cu gri.

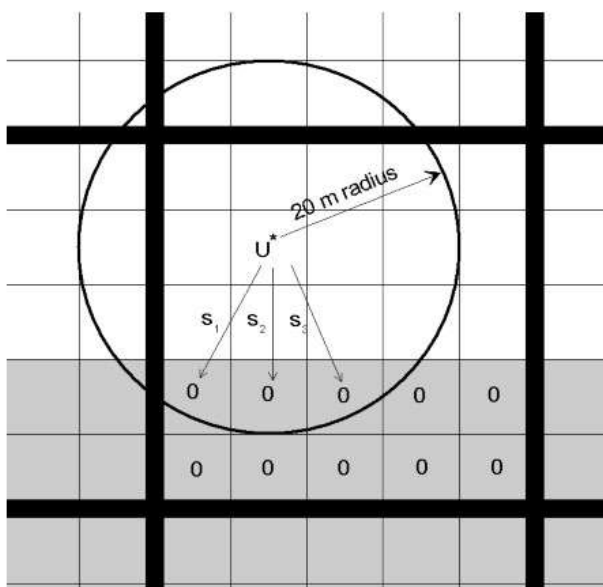


Figura 15. Schița procedurii de corectare a câmpului eolian interpolat al grilei fină prin aplicarea unui profil de vânt logaritmic în apropierea obstacolelor. Se iau în considerare numai obstacolele aflate la o distanță de 20 m de celulă.

- Abordare prognostică (nivel 2 - metodă recomandată):

În acest caz, GRAL simulează fluxul în jurul obstacolelor prin rezolvarea bine-cunoscutelor ecuații Navier-Stokes (RANS), neglijând vâscozitatea moleculară, Coriolis și forțele de flotabilitate și folosind un model de eddy turbulență a vâscozității:

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[K \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \delta_{ij} k \right] \quad (56)$$

unde

\bar{u}_i	viteza medie a vântului în direcții orizontale și verticale
ρ	densitatea aerului
$\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i}$	acelerația medie a gradientului de presiune
k, ε	energie cinetică turbulentă, și rata de disipare
K	vâscozitate eddy

În prezent, trei modele diferite de turbulențe sunt implementate în modelul GRAL:

- model fără difuzie:

În acest caz, vâscozitatea turbulentă este setată la zero. Deși nerealist din punct de vedere fizic, acest mod facilitează testarea modelului în faza de dezvoltare.

- model algebric de lungime a amestecului:



Pe lângă modelele constante de vâscozitate turbulentă, modelele de lungime a amestecului sunt cele mai simple modele de turbulențe. Acestea au fost propuse pentru prima dată de Prandtl (1925). Modelul se bazează pe presupunerea că dacă turbulența eddy deplasează o particulă de lichid pe o distanță l_m , viteza ei va fi diferită de împrejurimile sale cu o cantitate $l_m \left| \frac{\partial U}{\partial z} \right|$

$$K = l_m^2 \left| \frac{\partial U}{\partial z} \right| \quad (57)$$

Wilcox (2006) sugerează pentru un strat de amestecare:

$$l_m = 0.071z \quad (58)$$

- modelul standard k-ε

Modelul standard de turbulențe k-ε (de exemplu Rodi, 1980) este definit prin:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial \overline{u_j k}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(K \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + P_m + P_b - \varepsilon \quad (59)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial \overline{u_j \varepsilon}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} K \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + \frac{\varepsilon}{k} (1.44 \cdot (P_m + P_b) - 1.92 \cdot \varepsilon) \quad (60)$$

P_m termen de producție pentru energia cinetică turbulentă din cauza tensiunilor de forfecare

P_b termen de producție pentru energia cinetică turbulentă din cauza flotabilității

$$P_m = K \cdot \left(\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \right) \cdot \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} \quad (61)$$

$$P_b = 1.35 \cdot K \cdot \frac{g}{\theta_0} \frac{\partial \overline{\theta}}{\partial x_3} \quad (62)$$

Gradientul de temperatură $\frac{\partial \overline{\theta}}{\partial x_3}$ este o funcție de clasă de stabilitate și este menținut constant pe parcursul unei simulări. Conservarea masei se obține prin rezolvarea ecuației Poisson după fiecare pas:

$$\rho \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_i} = \frac{\partial^2 \overline{p}}{\partial x_i^2} dt \quad (63)$$

La cea mai mică celulă de rețea și lângă suprafețele construite energia cinetică turbulentă k și rata de disipare ε sunt calculate și diagnosticate (Eichhorn, 2011):

$$k = \frac{u_*^2}{\sqrt{c_\mu}} \quad (64)$$

$$\varepsilon = \frac{u_*^3}{\kappa d} \quad (65)$$

c_μ este o constantă a modelului standard k-ε (0.09), κ este constanta Kármán (0.4), u_* este viteza de frecare și d este jumătatea înălțimi primei celule deasupra solului (sau clădiri), sau distanța dintre centrele de celule și pereții verticali a clădiri adiacente.

De obicei, ec. (54) este utilizat în modelele CFD-uri pentru calcularea coeficientului turbulent de schimb:



$$K = c_{\mu} \frac{k}{\varepsilon} \quad (66)$$

În timpul evaluării modelului a devenit evident că rezultatele depindeau cumva de dimensiunile celulelor atunci când se utilizează ec. (64). În consecință, dependența necesară a câmpurilor de flux calculate în ceea ce privește rezoluția rețelei în conformitate cu orientarea VDI 3783-9 (VDI, 2016) ar putea să nu fie îndeplinite. Prin urmare, a fost testată o altă expresie (ec. 66), ceea ce a condus în cele din urmă la respectarea acestui aspect.

$$K = 0.09 \cdot \sqrt{k} \cdot z \quad (67)$$

În ec. (67) z este distanța verticală până la suprafață sau la partea de sus a obstacolelor. Rețineți că, deși rata de disipare nu este utilizată în ec. (67), ecuația de conservare pentru disipare este încă rezolvată pentru a obține k .

Frecarea cu suprafața:

Indiferent de modelul de turbulențe, frecarea cu suprafața este luată în considerare prin adăugarea următorului termen sursă în ecuațiile de conservare pentru impuls la primul strat deasupra solului:

$$-\frac{u_i}{v_i} \cdot u_i^2 \cdot \Delta x \cdot \Delta y, \quad (68)$$

unde

\bar{v}_i este viteza medie a vântului în primul strat

Vegetația:

În prezent, vegetația poate fi contabilizată numai atunci când se utilizează modelul de lungime a amestecului. Următorul termen sursă se adaugă în ecuațiile impulsului (de exemplu, Verde, 1992):

$$-c_D n L A D u_i U \quad (69)$$

unde c_D este un coeficient empiric de glisare ($0,3n^2$), n este acoperirea dimensională a vegetației, LAD densitatea zonei [m^2/m^3], componenta viteză a vântului [m/s], iar U este viteza totală a vântului [m/s].

În plus față de acest termen sursă în ecuațiile impulsului, lungimea de amestec este puternic redusă în stratul de vegetație prin:

$$l_m = l_m (1 - 0.99n) \quad (70)$$

Rezolvarea numerică:

Pentru a rezolva numeric ecuațiile de conservare, se aplică o metodă de volum finit care utilizează o grilă eșalonată, cum este desenat în Figura nr.15 pentru o dimensiune. \emptyset reprezintă orice cantitate conservată, ar fi energia cinetică turbulentă, u -componenta sau rata de disipare, în timp ce u_w este viteza de transport la fața celei vestice. Presiunea non-hidrostatică este, de asemenea, situată în centrul fiecărei celule de rețea (\emptyset_P) și vitezele de transport u_w și u_e sunt corectate printr-un câmp de presiune non-hidrostatic (ec. 63) după fiecare pas de timp pentru a se potrivi conservării masei.

Ecuațiile de conservare sunt rezolvate printr-o schemă de discretizare a timpului pe deplin implicită, iar metoda "power-law" sugerată de Patankar (1980). Pentru partea de vest a unei celule de rețea din cauza unui volum $\Delta x \Delta y \Delta z$ poate fi scris ca (folosind notația Patankarului, 1980):

$$a_w = D_w \cdot \max \left[0, \left(1 - \frac{0.1|F_w|}{D_w} \right)^5 \right] + \max [0, F_w] \quad (71)$$

$$D_w = \rho K \frac{\Delta y \Delta z}{\Delta x}, \text{ and } F_w = \rho u_w \Delta y \Delta z \quad (72)$$

Se referă la Patankar (1980) pentru informații detaliate despre toți ceilalți termeni care apar în ecuația de discretizare a timpului complet implicită a oricărei cantități ϕ (pentru simplitate scrisă într-o singură dimensiune).

$$D_w = \rho K \frac{\Delta y \Delta z}{\Delta x}, \text{ and } F_w = \rho u_w \Delta y \Delta z \quad (73)$$

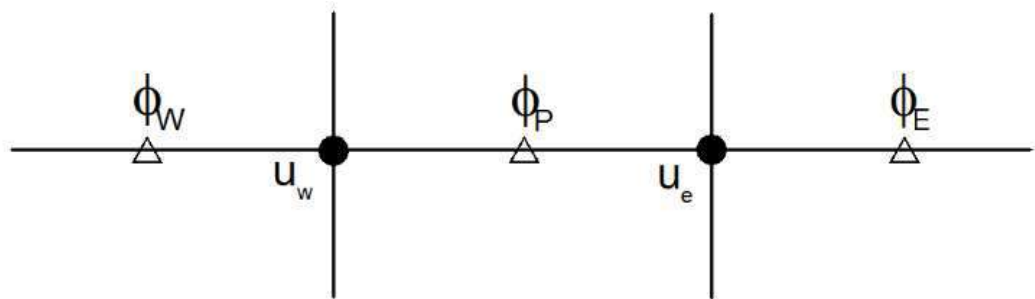


Figura 16. Grilă utilizată în GRAL pentru discretizarea cantităților de conservare

Pentru a asigura stabilitatea numerică a procedurii iterativă, a fost aplicat un factor de relaxare de 0.1 în fiecare etapă de timp pentru toate componentele vitezei.

Simulările pot fi efectuate până la atingerea unui criteriu de convergență internă. Criteriul este formulat prin definirea unei limite inferioare pentru corecția normalizată a presiunii nehidrostatică de 0.012 (însumat peste 100 de etape de timp ulterioare). Normalizarea se face cu $\rho \cdot v_{top}^2$, în cazul în care v_{top} este viteza vântului în partea de sus a domeniului model.

GRAL este utilizat în principal în aplicații în scopuri de reglementare. Astfel, timpii de calcul trebuie să fie suficient de mici pentru a permite funcționarea pe PC-uri sau laptop-uri convenționale. Pentru domenii mai mari de aproximativ sute de metri până la câțiva kilometri, și dimensiunile grilă sub 5 m, simulările CFD pot fi destul de solicitante. Pentru a utiliza mai multe procesoare, GRAL a fost paralelizat. În plus, modelul de câmp eolian la microscară se aplică numai în regiunile din jurul clădirilor de până la 15 (această valoare poate fi mărită de utilizator) ori mai mari decât înălțimile clădirii. În timp ce spațierea constantă a grilei pe orizontală este permisă în versiunea curentă, un utilizator poate defini un factor de întindere $\geq 1,0$ (sau factori de întindere ai înălțimii) pentru grila verticală pentru a economisi timpul de calcul.

La limita de intrare a modelului, un profil de vânt a fost stabilit prin utilizarea ec. (1), în timp ce la limitele laterale de ieșire și în partea de sus a domeniului modelului condiții omogene Neumann pentru componentele de viteză sunt impuse pentru a evita reflexia valurilor (Grawe, 2013). Dacă o parte laterală a domeniului de modelare este clasificată ca o limită de ieșire sau de intrare este determinată la începutul oricărei simulări prin examinarea direcției componente eoliene normale la limita specifică. Se calculează σ_i profilurile standard pentru rata de disipare și abaterile standard ale fluctuațiilor vitezei vântului (a se vedea dispersia verticală și dispersia orizontală) pentru a defini condițiile de frontieră laterale și valorile inițiale pentru energia cinetică turbulentă și rata de disipare pentru modelul de câmp de curgere micro scală.

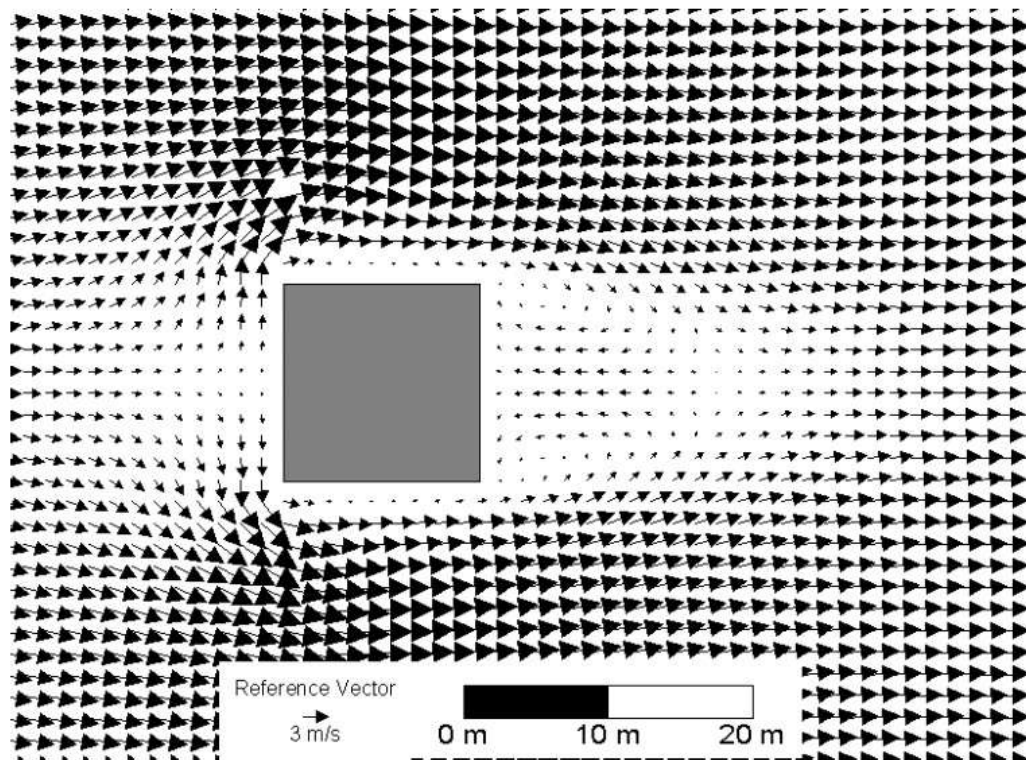


Figura 17. Exemplu de debit calculat cu GRAL în jurul unei clădiri cubice

Teren plat (fără cuplaj GRAMM)

Procedura este aceeași ca în cazul terenului complex, cu excepția faptului că în loc de câmpurile eoliene 3D ale GRAMM, se utilizează profiluri verticale ale vitezei vântului calculate de ec. (1).

Condiții limită

În direcția verticală reflexia perfectă a particulelor se presupune în partea de jos a domeniului modelului. Deoarece topografia este rezolvată treptat în GRAL, de asemenea, în direcțiile orizontale sunt necesare condiții limită. Aici reflexia este tratată astfel încât particulele să înceapă în poziția anterioară (înainte de a fi găsite sub suprafață), iar vitezele turbulente sunt luate negative.

Atunci când clădirile sunt prezente, reflexia perfectă în orizontală ar duce la asimetrii în modelele de concentrație în condiții de viteză redusă a vântului. Acesta este cazul, deoarece ec. (24-25) nu descriu numai fluctuația turbulentă, ci și partea șerpuită. Un flux șerpuit în vecinătatea clădirilor nu este adecvat, deoarece mișcările orizontale mari sunt suprimate în apropierea pereților. În timp ce difuzia turbulentă clasică este stocastică pentru scale de timp mai mari decât timpul integral Lagrangian, șerpuirea ar trebui să fie stocastică la scări de timp mult mai mari. Stocastic înseamnă că nu există dispersie preferată pentru fiecare direcție (de exemplu, dispersia spre sud are o probabilitate egală față de nord). În caz de greșală, reflexia perfectă ar duce la o direcție preferată de dispersie, deoarece viteza turbulentă negativă după reflexie va fi menținută pentru o lungă perioadă de timp, în conformitate cu ec. (24-25). Pentru a depăși parțial această problemă, în loc să luăm valoarea negativă pentru



viteza turbulentă, se ia o viteză turbulentă aleatorie cu o medie de zero și o abatere standard egală cu $\sigma_{u,v}$ după reflexia unei particule.

Calculul statisticilor privind concentrațiile

Modul preferat al GRAL este calculul câmpurilor de concentrație la starea de echilibru pentru condiții meteorologice clasificate (utilizând 3-7 clase de stabilitate, 36 de clase de direcție a vântului și mai multe clase de viteză a vântului). Fiecare dintre câmpurile de concentrație în regim staționar este stocat ca fișier separat. Prin utilizarea unei rutine post-procesare (de exemplu, în GRAL GUI) se poate obține o serie de pseudo-timp de câmp de concentrare prin luarea seriei de timp corespunzătoare de situații meteorologice clasificate dintr-o anumită perioadă (care acoperă până la câțiva ani) și înmulțirea fiecărui câmp de concentrație corespunzător anumitor ore din acea perioadă cu anumiți factori de modulare a emisiilor. GRAL permite stocarea câmpurilor de concentrare în dependență de grupurile sursă specificate de utilizator. Pot fi distinse până la 99 de grupuri sursă (de exemplu, trafic, încălzire casnică, industrie, resuspendare). În acest fel, mediile, mijloacele zilnice maxime sau concentrațiile maxime pentru perioadele definite pot fi calculate într-o rutină postprocesare destul de rapidă. De obicei, aproximativ 500 – 600 de celule de situații meteorologice caracterizează condițiile de dispersie, care este considerabil mai mică decât calculul, de exemplu, mai mult de 8000 de ore dintr-un an.

Conformitate cu orientarea austriacă RVS 04.02.12

Documentul de lucru nr.17 din Orientarea austriacă RVS 04.02.12 descrie patru seturi de date diferite pentru evaluarea modelelor. Orice model de dispersie aplicat în Austria pentru a evalua dispersia poluanților fie din tunelurile rutiere, și/sau drumuri, trebuie să îndeplinească următoarele criterii de calitate pentru aceste cazuri de testare:

Normalized Mean Square Error (NMSE) ≤ 3.0 și $| \text{Fraction Bias (FB)} | \leq 0,3$

CALTRANS99

Descriere set de date

Experimentul Caltrans Highway 99 a fost folosit pentru validarea modelului de dispersie rutieră Caline. Experimentul a fost compus din două părți, în una au monitorizat un gaz de trasor, SF₆, iar cealaltă parte a monitorizat concentrațiile de CO. În această exemplu vom prezenta rezultatele GRAL folosind datele SF₆.

Disponerea drumului este prezentată în figura 18, care este preluată din (Benson, 1984). Drumul, Autostrada 99, este compus din două carosabile fiecare de 7,3 m lățime separate printr-o rezervare centrală de 14 m lățime. Zona din jurul Autostrăzii 99 este descrisă ca și câmpuri deschise și dezvoltări rezidențiale împrăștiate. Monitoarele verticale 2 - 7 sunt distanțate uniform cu un interval de 50 m. Monitorul 1 este la 100 m de monitorul 2, similar pentru monitoarele 7 și 8. Cele patru monitoare orizontale sunt distanțate uniform de-a lungul unei porțiuni de drum de 4,5 km. Toate monitoarele au o înălțime de 1 m. Monitoarele au măsurat concentrația SF₆ care a fost emisă de la opt mașini care conduceau pe un circuit de-a lungul autostrăzii.

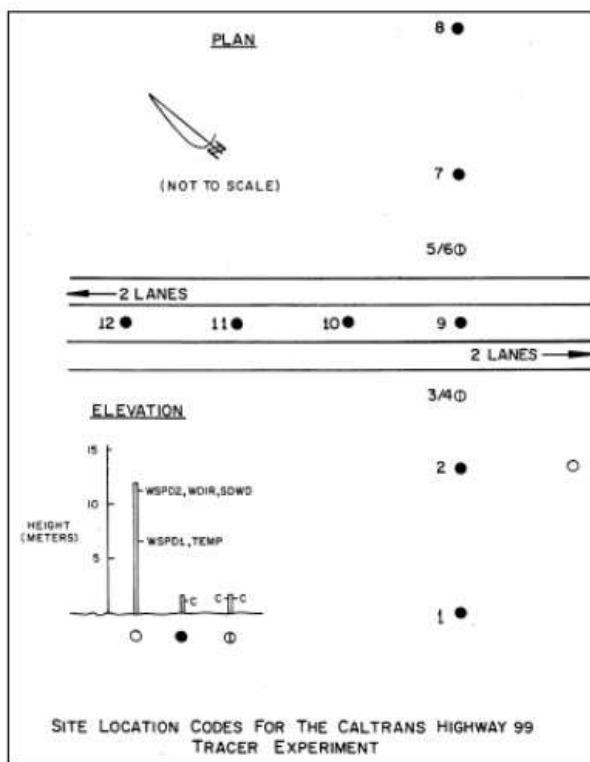


Figura 18. Structura drumului utilizat în cadrul experimentului CALTRANS 99

Caracteristici

Viteza vântului a fost destul de scăzută în timpul experimentelor. Pentru simulări s-a folosit viteza vântului și direcția. În loc să ia clasele de stabilitate Turner furnizate, clasele PGT au fost determinate pe baza metodei în conformitate cu US EPA (2000), care a dat clase ușor diferite, dar mai plauzibile.

Model configurat

Versiunea modelului	GRAL 19.1
Topografie	Teren plat
Obstacole	Nici unul
Grila de concentrație	4 m orizontal, 0,5 m extensie verticală, 1 m deasupra nivelului solului
Domeniu model	4,000m x 4,000m
Numărul de particule	180,000 pe oră
Lungimea rugozității	0.3

Rezultate

Performanța GRAL este destul de bună pentru acest experiment, deși concentrațiile de vârf sunt supraestimate. Este interesant de observat că modelul standard austriac OENORM M9440 funcționează deosebit de bine în acest caz.



Tabel 3. Rezultate pentru experimentul CALTRANS99

Model	NMSE	FB	Referințe
GRAL	0.5	0.0	
ADMS-ROADS	0.2	0.1	Stocker (2013)
OENORM M9440	0.4	0.1	
AERMOD	0.3	0.1	Stocker (2013)
CALINE	0.9	0.2	Stocker (2013)
RLINE	0.3	0.1	Stocker (2013)
MISKAM	0.5	0.3	Baumann-Stanzer (2012)

La nivelul Uniunii Europene acest soft a fost utilizat într-o serie de studii ce au stat la baza realizării unor studii de calitate a aerului sau monitorizări a acestora, dintre care amintim următoarele:

- "Influența transportului maritim pe Dunăre asupra Concentrațiile de dioxid de azot și particule în suspensie în Engelhartzell" https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt_US/us_Immissionsbelastung_Dona_uschiffahrt_Engelhartzell.pdf
- Agenția pentru Mediu a Regiunii Autonome a Tirolului de Sud - Evaluarea calității aerului înconjurător 2010 - 2017 file:///C:/Users/DELL/Downloads/482763_Beurteilung_der_Luftqualitaet_2010-2017.pdf
- Măsuri de transport pentru Viena – Studiu de mediu privind gestionarea parcărilor și taxarea orașului – <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008550.pdf>
- Aer – Landul Steiermark - https://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/12567945_135844225/0b486f6a/USB-09-10-luft.pdf
- Program în conformitate cu 9a Abs.6 IG-L (2019)- pentru a reduce expunerea la Dioxidul de Azot în linz - https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt_US/Fortschreibung_Programm.pdf
- Calitatea aerului în Austria Superioară și măsuri pentru respectarea valorilor limită - <http://docplayer.org/80198626-Luftguete-in-ooe-und-massnahmen-zur-einhaltung-der-grenzwerte.html>
- Măsuri de îmbunătățire a Calității aerului în Graz – Cuantificare și evaluare - https://www.kleinezeitung.at/images/downloads/d/c/0/massnahmenbewertung_miv20180517113750.pdf
- Masterplan – "Aer curat pentru Oberhausen" - <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/Masterplaene-Green-City/oberhausen.pdf?blob=publicationFile>

Iar la nivelul României acest soft a fost utilizat într-o serie de studii realizate de reprezentantul societății ce au stat la baza realizării unor studii de calitate a aerului sau monitorizări a acestora, dintre care amintim următoarele:

- Planul Integrat de Calitate a Aerului pentru aglomerarea Cluj – Napoca - <https://primariaclužnapoca.ro/plan-integrat-de-calitate-a-aerului/>
- Plan integrat de calitate a aerului în municipiul Brașov - <https://www.brasovcity.ro/file-zone/mediu/planuri-actiune/aer/Plan%20Integrat%20de%20Calitate%20a%20Aerului%20in%20Municipiul%20Brasov%202018-2020.pdf>



- Plan de menținere a calității aerului în județul Alba - <https://www.cjalba.ro/wp-content/uploads/2021/03/PMCA-Alba-V10.pdf>
- Plan de menținere a calității aerului în județul Arad - <https://www.cjarad.ro/uploads/files/Anunturi%20Diverse/Plan%20de%20menținere%20a%20calitatii%20aerului%20in%20județul%20Arad.pdf>
- Plan de menținere a calității aerului în județul Hunedoara - <https://www.cjhunedoara.ro/documente/anunturi/plan-25102016080904.pdf>
- Plan de menținere a calității aerului în județul Mureș.
- Studiul privind calitatea aerului pentru UAT Berzasca.

COPERT

Programul COPERT este un instrument informatic ce are utilizare în întreaga lume, conceput pentru calculul poluării aerului și a efectului de seră cauzat de transportul rutier.

Factorii de emisie COPERT derive dintr-un calcul analitic de regresie binomial ce se aplică unui set de date larg ce cuprinde parametrii măsurăția I vehiculelor, clasificați pe tipuri de vehicule, tehnologia acestora sau exprimată ca funcție a unor medii legate de viteza de deplasare a acestora.

Metodologia COPERT este parte a ghidurilor elaborate de Agenția Europeană de Protecție a Mediului în realizarea inventarelor și a calculului de emisii și respectă Ghidurile IPCC de calcul al gazelor cu efect de seră.

Acest instrument ce poate fi utilizat în calculul emisiilor generate de transport permite o comparare, transparentă, standardizată și realist a datelor legate de emisii, facilitând realizarea de rapoarte obiective, în conformitate cu exigențele de la nivel internațional și în accord cu protocoalele și legislația europeană.

Dezvoltarea COPERT este coordonată de EEA în cadrul activităților desfășurate de European Topic CENTRE for AIR Pollution and Climate Change Mitigation. O altă entitate, European Commission's Joint Research Centre gestionează dezvoltarea modelului științific a modelului. COPERT a fost dezvoltat pentru analiza oficială a emisiilor din transport și pregătirea rapoartelor în cadrul Statelor Membre. Cu toate acestea programul își regăsește o aplicabilitate largă în cercetarea științifică dar și alte aplicații academice.

COPERT 4 își trage originile din metodologia dezvoltată de un grup de lucru care l-a dezvoltat în mod explicit pornind de la nivelul anului 1989 (COPERT 85), fiind urmat apoi de versiunea COPERT 90 (în anul 1993) și mai apoi de COPERT II (1997) și COPERT III (în 1999). Versiunea actuală reprezintă o sinteză a rezultatelor mai multor acțiuni pe scară largă și proiecte dedicate, amintind aici:

- Proiecte dedicate ale Joint Research Centre / Transport and Air Quality Unit
- Programul anual a programului European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM)
- Proiectul MEET project (Methodologies to Estimate Emissions from Transport), a Comisiei Europene (DG VII) finanțat prin 4th Framework Program (1996-1998)
- Proiectul PARTICULATES, a Comisiei Europene, finanțat prin 5th Framework Program (2000-2003)
- proiectul ARTEMIS2, a Comisiei Europene finanțat prin 5th Framework Program (2000-2003)
- proiectul comun JRC/CONCAWE/ACEA asupra vehiculelor pe benzină și motorină
- și deasemenea prin grupul de lucru HBFA3

COPERT4 facilitează o estimare a emisiilor celor mai importanți poluanți (CO, NOx, VOC, PM, NH3, SO2 și metale grele) produși de diferite categorii de vehicule (autoturisme, camioane, autocare, motocicletă, etc.) precum și a gazelor cu efect de seră (CO2, N2O, CH4). Oferă de asemenea informații legate de NO și NO2, carbonul elemental, material organică și PM, precum și non-metan COV, inclusive PAH și POP.

Emisiile sunt produse din două surse:



1. Emisii provenite de la motoare, generate de funcționarea în regimul de lucru nominal al motorului, respective emisii generate la pornire și pe durata de încălzire a motorului
2. Emisii difuze NMVOC cauzate de evaporarea combustibilului și PM generate de frânare (frecarea cauciucurilor și a discurilor de frână)

Totalitatea poluanților este calculată ca un produs de activitate, pe baza datelor fiind încărcate de utilizator emisiile fiind dependente și de vitezele de rulare ce sunt calculate de soft.

Metodologia COPPERT 4 a fost dezvoltată și pentru generarea inventarelor naționale anuale (NUTS0). S-a arătat în plus că această metodologie poate fi utilizată cu un grad înalt de certitudine și pentru teme de rezoluție mai înaltă așa cum este cazul inventarelor urbane cu o rezoluție spațială de 1x1km². Și o rezoluție temporară orară.

VISAN

VISAN este un instrument de vizualizare și analiză a datelor atmosferice. Cu această se pot citi datele produsului din instrumente atmosferice pentru misiuni precum Sentinel-5P, Aeolus, GOME-2, IASI, OMI, etc., dar și din date de model, cum ar fi CAMS sau cele furnizate NDACC și EVDC. Se pot aplica o gamă largă de operații matematice acestor date și veți putea crea ploturi 2D și hărți globale.

VISAN este aplicația grafică front-end pentru Atmospheric Toolbox. Software-urile CODA și HARP sunt instalate ca dependențe de VISAN și oferă funcționalitatea pentru a ingera date din fișierele de produs atmosferice. Aceste date pot fi prelucrate ulterior folosind componentele de analiză și vizualizare încorporate în VISAN.

Aplicația VISAN este software complet Open Source și se construiește pe deasupra pachetelor existente Open Source, cum ar fi Python, wxPython, VTK, CODA, HARP etc.

Această aplicație a fost utilizată în cadrul prezentului studiu în special pentru prelucrarea și vizualizarea evoluției în timp a NO₂.

ArcMap este un soft GIS dezvoltată de ESRI, a fost utilizată în prezentul studiu pentru reprezentarea hărților de dispersie și interpretarea datelor statistic cu ajutorul unelei de geoprocetare ArcGIS Geostatistical Analyst. Cu ajutorul acestuia se poate crea cu ușurință o suprafață continuă sau o hartă cu ajutorul punctelor măsurate stocate într-un strat caracteristic de puncte sau într-un strat raster sau utilizând centroizi poligonali.

Punctele de prelevare pot fi măsurători, cum ar fi elevația; adâncime apei; sau nivelurile de poluare, așa cum este cazul nostru. Atunci când este utilizat împreună cu ArcMap, Geostatistical Analyst oferă un set cuprinzător de instrumente pentru crearea de suprafețe care pot fi folosite pentru a vizualiza, analiza și înțelege fenomenele spațiale de distribuție a concentrațiilor de poluant la nivelul întregii suprafețe studiate.

QGIS este un soft GIS "open source" ușor de utilizat. QGIS este lansat sub licența publică generală GNU (GPL). În prezentul studiu a fost utilizat pentru vizualizarea, interpretarea, transformarea datelor format NetCDF.

2.2. Date de intrare

Pentru calculul cantitativ al emisiilor de poluanți în aer s-au folosit factori de emisie din EMEP/ EEA Emission Inventory Guidebook (2019).

Estimarea emisiilor a fost realizată ținându-se cont de "Cel mai grav scenariu posibil (Worst Case Scenario)" având în vedere apropierea de zona locuită, ce presupune parcurgerea fazelor de excavare până la cota + 31,0m și de exploatare a volumului de agregate (566.561 mc) într-o perioadă de 4 anii, ce ar presupune o intensificare a lucrărilor de excavare și transport și implicit generarea de poluanți pe acest interval. Prin calcul



matematic s-au determinat cantitativ emisiile poluanților generați din exploatarea agregatelor. Pentru datele meteo s-au utilizat datele meteorologice zilnice pentru anul 2022 provenite de la stația meteorologică Drobeta-Turnu Severin. (sursa: <https://rp5.ru>) și Hinova (sursa: www.meteoblue.com).

3. Localizarea proiectului, analiza climatică a arealului

3.1. Caracteristici generale

Pentru realizarea Iaz Piscicol Expres, se vor executa lucrări de exploatare a nisipului și pietrisului din perimetrul în suprafața de 0,042 Kmp, în 2 faze și anume:

- până la cota +36,0 m, cu 1,0 m deasupra nivelului hidrostatic;
- sub nivelul hidrostatic, de la cota +36,0 m până la +31,0 m.

Excavarea nisipului și pietrișului – se va realiza mecanizat, cu excavatorul cu cupa inversă sau draglina.

Parametrii optimi ai treptei de exploatare:

- Lățimea platformei treptei = 5,0 -10,0m;
- Lungimea = cca.50,0 – 60,0m;
- Adâncimea de exploatare = +31,0 mdMN;
- Unghi de taluz general microcariera= 300;
- Pilierul de siguranță = cca.5,0 m.

Perimetrul propus pentru realizarea unui iaz piscicol și de agrement este amplasat în terasă Dunării, în extravilanul localității Hinova, la cca. 2,5 Km vest de localitate, în interiorul Sitului NATURA 2000 ROSPA BLAHNITA 0011.

Acumularea de agregate minerale este reprezentată printr-o acumulare de nisipuri și pietrisuri în lunca Dunării, într-un patruleter cu o lungime de cca.375,0 m și o lățime de cca.112,0m.

Suprafața perimetrului are o formă geometrică regulată dreptunghiulară de cca. 42 086mp=4,20 ha, respectiv 0,042 Kmp.

Grosimea zăcămantului este cuprinsă între 12,0 m și 10,5 m, până la cota +34,5 m, cota nivelului hidrostatic și 3,5 m până la cota de +31,0 m sub cota nivelului hidrostatic.



MDEP

"Exploatarea nisipului si pietrisului din perimetrul "IAZ PISCICOL EXPRES"- S.C.ASPHALT ROUTE EXPRES SRL

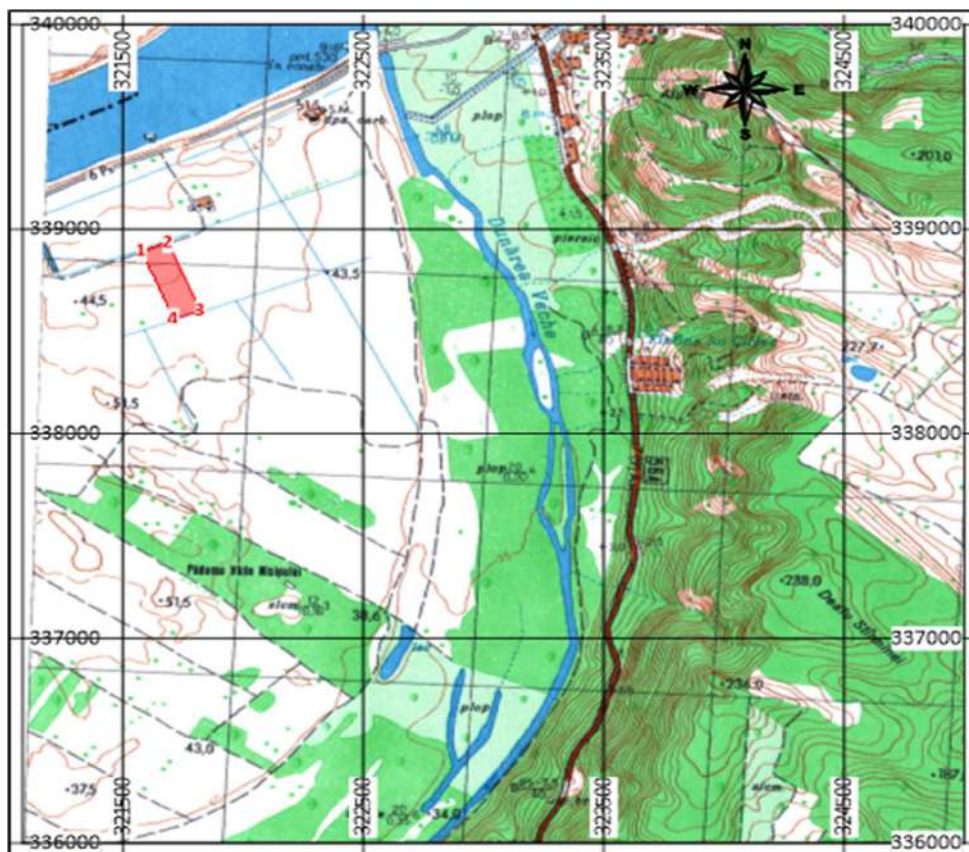
 Anexa 1
 Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți


Figura 19. Localizarea perimetrului

Tabel 4. Localizarea perimetrului

Pct.	X	Y
1	338 892	321 578
2	338 935	321 688
3	338 601	321 823
4	338 561	321 712
1.2. Sistem de referinta: STEREO 70		
1.3. Limita de adancime: z= +31,0 m		
1.4. Suprafata : S= 0,042Kmp		

Suprafata de 42 086mp, 0,042 Kmp are categoria de folosință arabil și livadă.

Executia lucrarilor de excavare se va face numai in perimetrul temporar de exploatare si in baza permisului de exploatare eliberat de ANRM Bucuresti.

Dupa realizarea investitiei bilanțul teritorial al terenului va fi:

- suprafata excavată Sexcavat = 37.877 mp;

Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți



- suprafața ocupată de luci de apă la cota nivelului hidrostatic (+34,5m) S = 26.460 mp;
- suprafața care va rămâne pentru amenajarea pilierilor și taluzurilor finale S = 4209 mp.

Ca urmare a executării lucrărilor de excavare va rezulta un volum total de material excavat:

$$V_{\text{TOTAL EXCAVAT}} = 566.561 \text{ mc.}$$

Din totalul de 566.561 mc, pentru perioada 2023-2024 S.C. ASPHALT ROUTE EXPRES SRL, preconizeaza ca va exploata un volum de cca.100 000 mc, esalonata dupa cum urmeaza:

Resurse la inceput de an(mc)	Preliminat anual (mc)	Cantitati ce se vor extrage trimestrial (mc)			
		1	2	3	4
2023-2024	100 000	25 000	25 000	25 000	25 000
TOTAL	100 000	25 000	25 000	25 000	25 000

Parametrii rezultati in exploatare, raportati la productia preconizata pe un an(2023-2024) sunt:

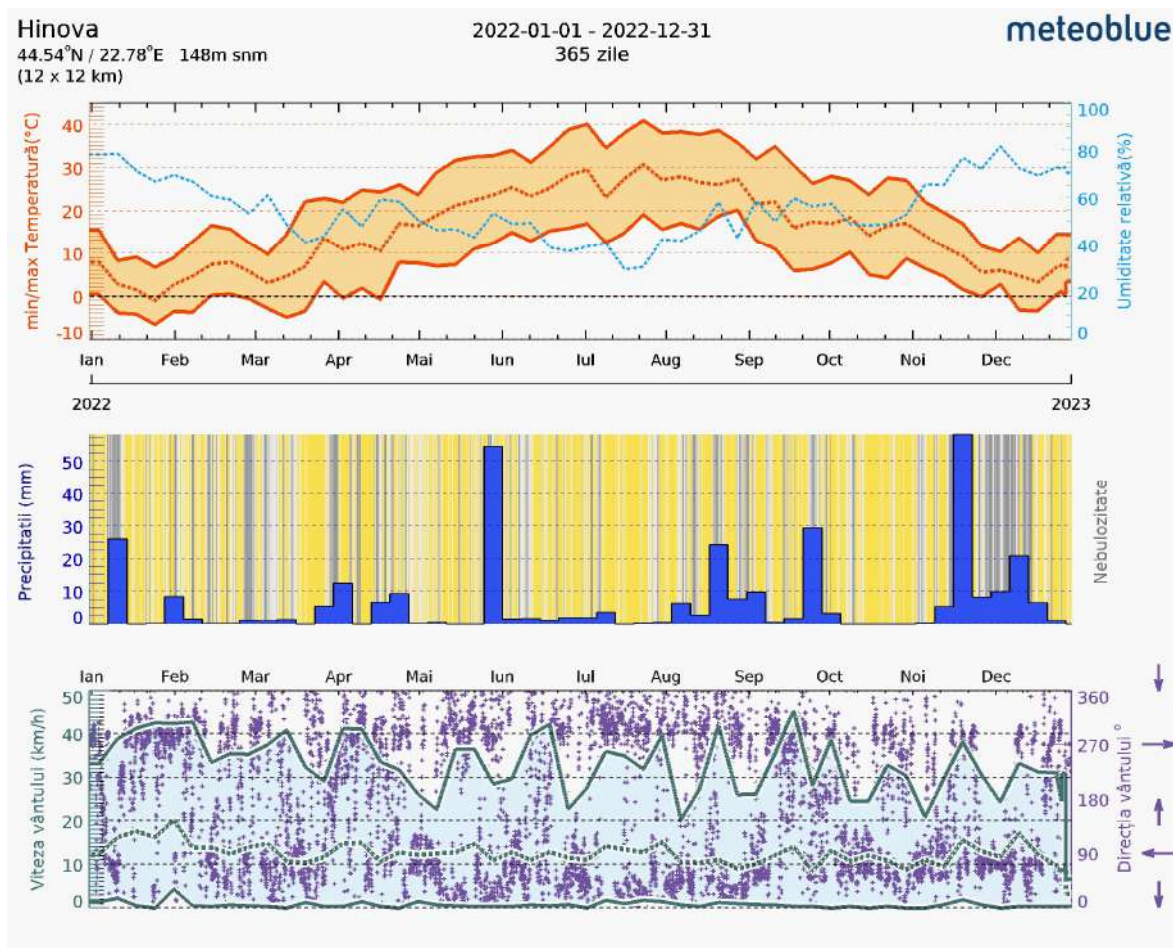
- Total productie masa miniera =100 000 mc;
 - Extras geologic = 100 000 mc;
 - Pierderi de exploatare si de transport =5 000 mc
 - Extras industrial =95 000 mc.
- Fazele de exploatare – valorificare, se vor face dupa cum urmeaza:
- Extractia agregatelor naturale se va face cu excavatoare cu cupa inversa de 1,2 mc si incarcarea direct in mijloace de transport.
 - Transportul agregatelor la locurile de valorificare se va face cu autobasculante cu bena de 24,0 tone;

3.2. Caracteristici climatice - regimul temperaturilor, precipitațiilor și eolian

Încadrarea în ansamblul climatic al teritoriului României, definește zona ca făcând parte din provincia climatică Continental moderată cu influențe submediteraneene, vanturile dominante sunt cele de vest, nord-vest și nord-est, directie care in mare parte este influentata de orientarea unitatilor de relief. Regimul vanturilor este caracterizat prin cresterea vitezei medii in cursul primaverii.

Temperaturile medii anuale sunt cuprinse intre 10-11 °C, verile sunt calduroase (temperatura medie a lunii iulie este cuprinsa intre 22-23 °C), iernile sunt relativ blande (temperatura medie a lunii ianuarie variaza intre -1 si -3 °C), in general primele ingheturi apar la jumatatea lunii octombrie iar ultimele ingheturi se produc in prima decada a lunii aprilie. Intervalul de timp cu strat de zapada este de 50-60 zile.

Cantitatea de precipitatii este de 700-800mm/an, in special la inceputul verii si toamna, media anuala a umiditatii relative este -74% .



sursa: <http://www.meteoblue.com/>

Figura 20. Date climatice aferente loc. Hinova (an 2022).



MDEP

Anexa 1
 Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți
 "Exploatarea nisipului si pietrisului din perimetrul "IAZ PISCICOL EXPRES"- S.C.ASPHALT ROUTE EXPRES SRL

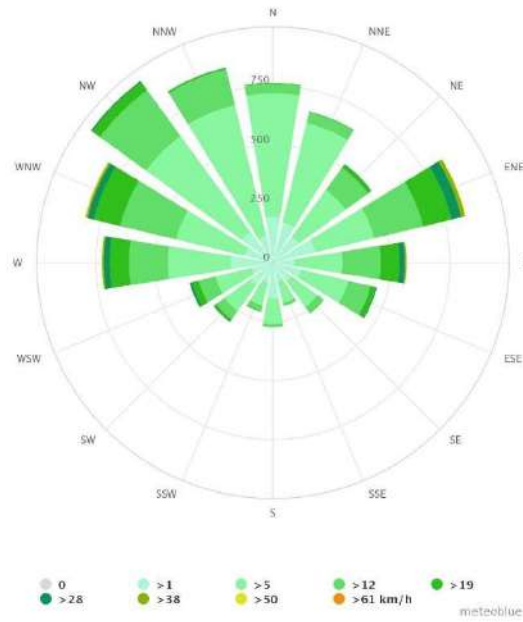


Figura 21. Roza vânturilor amplasament.

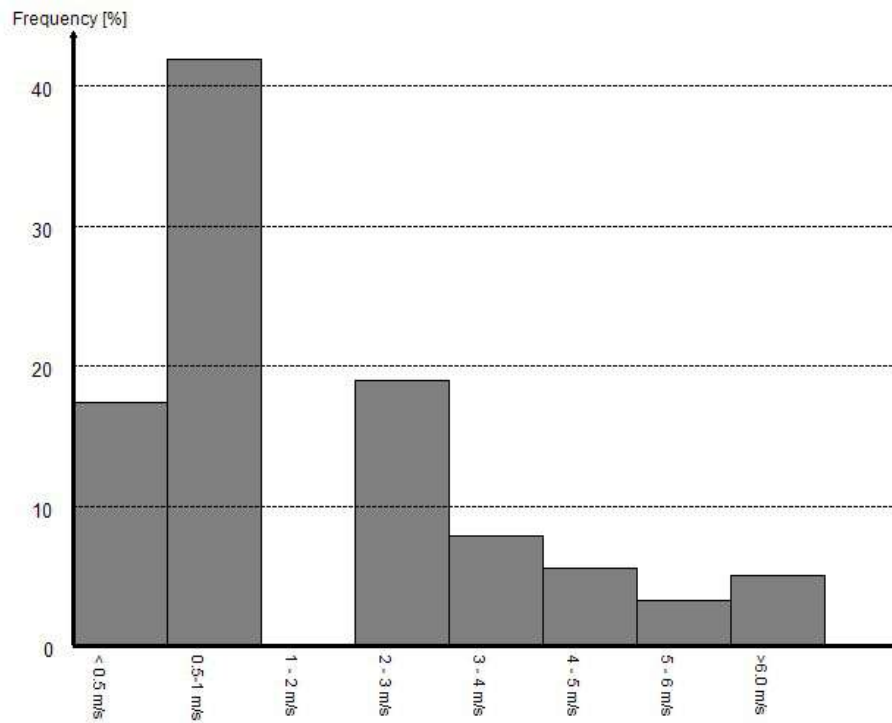


Figura 22. Frecvența vitezei vântului în zona amplasamentului.

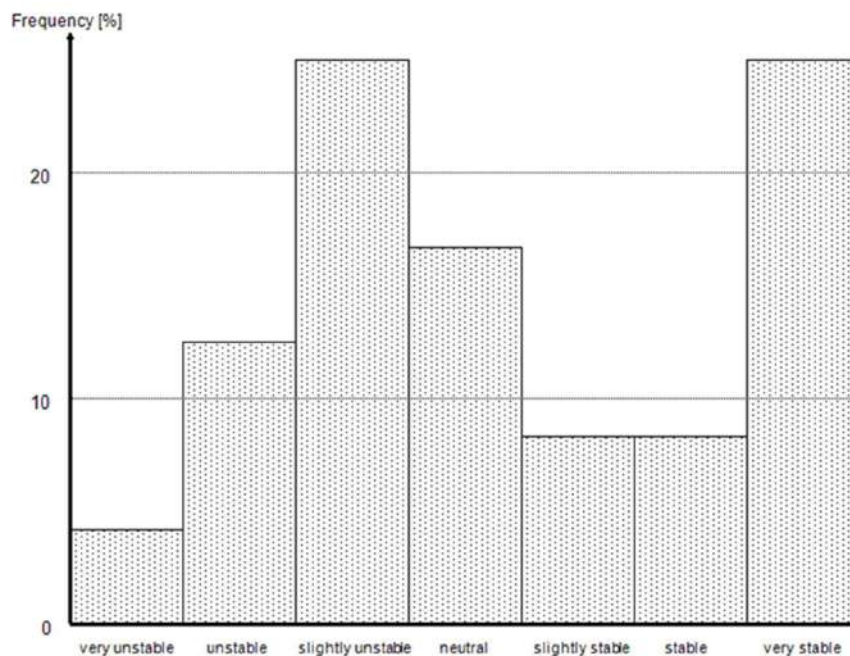


Figura 23. Frecvența stabilității vitezei vântului în zona amplasamentului.

4. Aplicație la laz piscicol Expres

4.1 Poluanți analizați

Având în vedere specificul activității desfășurate pe amplasament, exploatarea nisipului și pietrișului, principalii poluanți ai aerului sunt:

- particule materiale (PM 10; PM 2.5)

Sand & Gravel		
	EF (g/t)	Grain size distribution
TSP	46	100%
PM10	14	31%
PM2.5	2.4	5%

Figura 24. Emisiile de particule din cariere sursa: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 Technical guidance to prepare national emission inventories

Metode de referință pentru prelevare și măsurarea PM₁₀ și PM_{2,5}

Metoda de referință pentru prelevarea și măsurarea concentrației de PM₁₀ este cea prevăzută în standardul SR EN 12341 – Aer înconjurător. Metoda standardizată de măsurare gravimetrică pentru determinarea fracției masice de PM₁₀ sau PM_{2,5} a particulelor în suspensie.



Metoda de referință pentru prelevarea și măsurarea $PM_{2,5}$ este cea prevăzută în standardul EN 12341 - Aer înconjurător. Metoda standardizată de măsurare gravimetrică pentru determinarea fracției masice de PM_{10} sau $PM_{2,5}$ a particulelor în suspensie.

Norme

Tabel 5. Norme

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Pulberi în suspensie - PM_{10}	
Valori limită	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane, <u>a nu se depăși mai mult de 35 ori într-un an calendaristic.</u>
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Pulberi în suspensie – $PM_{2,5}$	
Valoare țintă	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valoarea-țintă anuală
Valori limită	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valoarea limită anuală care trebuie atinsă până la 1 ianuarie 2015
	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valoarea limită indicativă

În ceea ce privește emisiile gazelor de eșapament, dată fiind extinderea mare a lucrărilor la unitatea de suprafață, cu concentrări reduse de utilaje și activități de transport relativ intense pe tronsoane de drum întinse, afectarea cu noxe va fi mult atenuată.

Cantitatea de gaze de eșapare emise în aer variază funcție de tipul de utilaje folosite și timpul de funcționare al acestora, gradul de uzură al motorului și sarcina de lucru în care se află.

EU Emissions Standards

Exhaust emissions Euro 1–6

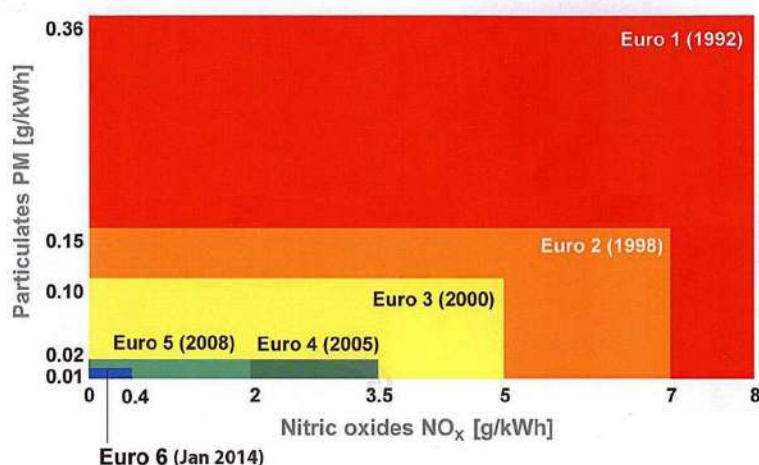


Figura 25. Reprezentarea grafică a nivelelor de emisie în standard EURO


Tabel 6. Consumurile medii de motorină/ utilaj determinate la timpul mediu de lucru

UTILAJE ECHIPATE CU MOTOARE DIESEL	NR. UTILAJE	CONSUM ORAR L / UTILAJ	TIMP EFECTIV DE FUNCȚIONARE ORE/ ZI/ UTILAJ	CONSUMURI TOTALE		
				L/oră	L/ zi	L /an
Excavator EURO V	1	9	6	9	54	10800
Buldoexcavator EURO VI	1	5,5	2	5,5	11	2200
Autobasculante EURO IV	4	10	6	40	240	48000
TOTAL (litri combustibil)						61000

Cantitatea medie de combustibil consumat pentru o oră de funcționare a utilajelor, la capacitatea medie de funcționare, este estimată conform tabelului de mai sus, rezultând o cantitate maximă de carburanți consumați de 61000 litri/an pe durata de construire a iazului piscicol.

Avându-se în vedere că emisiile medii rezultate din consumarea unui litru de motorină sunt:

- NO.....25g
- SO.....5,6 g
- CO.....11g
- COV.....12,2 g

Rezultă că la cantitatea medie de combustibil (motorină) consumat pe oră, se vor emite în atmosferă:

- NO.....1525 kg/12 luni
- SO.....341.6 kg/12 luni
- CO.....671 kg/12 luni
- COV.....744.2 kg/12 luni

Se poate concluziona că noxele eliberate în atmosferă rămân reduse, ele putând fi preluate de procesele naturale de transformare/degradare, urmând a fi detoxificate local.

4.2 Date privind cantitățile de poluanți emise

Datele de emisie au fost cele determinate și prezentate în cadrul capitolului anterior.

Astfel, cantitățile totale de poluanți emise sunt marcate în tabelul de mai jos:

Tabel 7.

Activitate	Poluant specific	Factor de emisie (g/t)	Cantitate totală de poluant (Kg)
Exploatarea pietrișului și nisipului	PM ₁₀	14	13400
	PM _{2,5}	2,4	2311

4.3. Date privind punctele de emisie care ar putea contribui la degradarea calității aerului

Pentru realizarea Iaz Piscicol Expres, se vor executa lucrari de exploatare a nisipului si pietrisului din perimetrul in suprafata de 0,042 Kmp, in 2 faze și anume:

- pana la cota +36,0 m, cu 1,0 m deasupra nivelului hidrostatic;

- sub nivelul hidrostatic, de la cota +36,0 m pana la +31,0 m.

4.4. Rezultatele modelării dispersiei

Rezultatele modelării dispersiei reprezentate de concentrațiile totale în aerul înconjurător cauzate de contribuțiile tuturor surselor de emisie enumerate în capitolul anterior, sunt prezentate în hărțile de mai jos care conțin distribuțiile spațiale ale valorilor concentrațiilor medii anuale și maxime zilnice sau orare, după caz, pentru poluanți monitorizați.

Pentru repartizarea surselor s-a utilizat metode combinate dintre metoda impacturi și contribuții conform documentului <https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/SA.html>.

Modelarea dispersiei poluanților în atmosferă s-a realizat pentru toată suprafața deținută de beneficiar cât și cumulat cu suprafețele deținute de alți agenți economici unde se desfășoară activități similare.

Tabel 8. Concentrațiile de PM10 (interval de mediere – 24h)

Distanța față de sursă (m)	Concentrația maximă ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Prag de alertă sănătate (PA) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valoarea limită zilnică sănătate (VLZ) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valoarea limită anuală sănătate (VL) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nivel critic anual protecție vegetație (NC) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Observații
-	30,1	-	50*	40*	-	< VLZ; VL
0-100	30,1 - 26	-	50*	40*	-	< VLZ; VL
100-500	26-13,20					< VLZ; VL
500-1000	13,20-5,10					< VLZ; VL

* Conform L. Nr. 104/2011

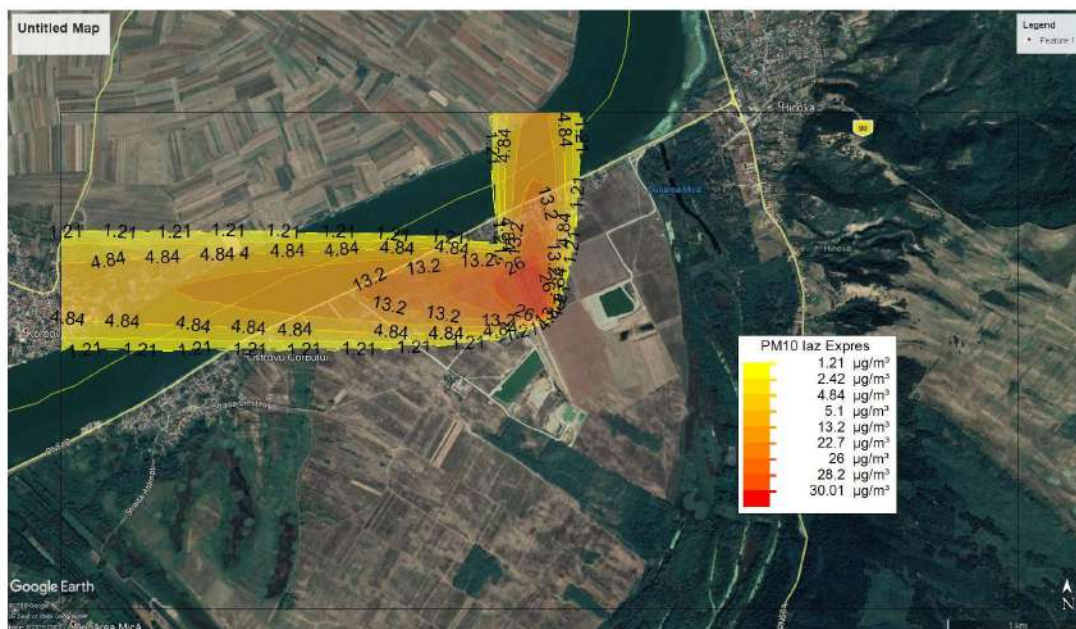


Figura 26. Concentrația maximă de PM10 – timp de mediere 24h


Tabel 9. Concentrațiile de PM2,5 (interval de mediere anual)

Distanța față de sursă (m)	Concentrația maximă ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Prag de alertă sănătate (PA) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valoarea țintă anuală (VT) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valoarea limită anuală sănătate (VL) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nivel critic anual protecție vegetație (NC) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Observații
-	11	-	25*	25* (2015) 20* (2020)	-	< VT; VL
0-100	11 -8,25	-	25*	25* (2015) 20* (2020)	-	< VT; VL
100-500	8,25-1,86					< VT; VL
500-1000	1,86 – 0,46					< VT; VL

* Conform L. Nr. 104/2011


Figura 27. Concentrația maximă de PM2,5 – media anuală



MDEP

Anexa 1
 Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți
 "Exploatarea nisipului si pietrisului din perimetrul "IAZ PISCICOL EXPRES"- S.C.ASPHALT ROUTE EXPRES SRL

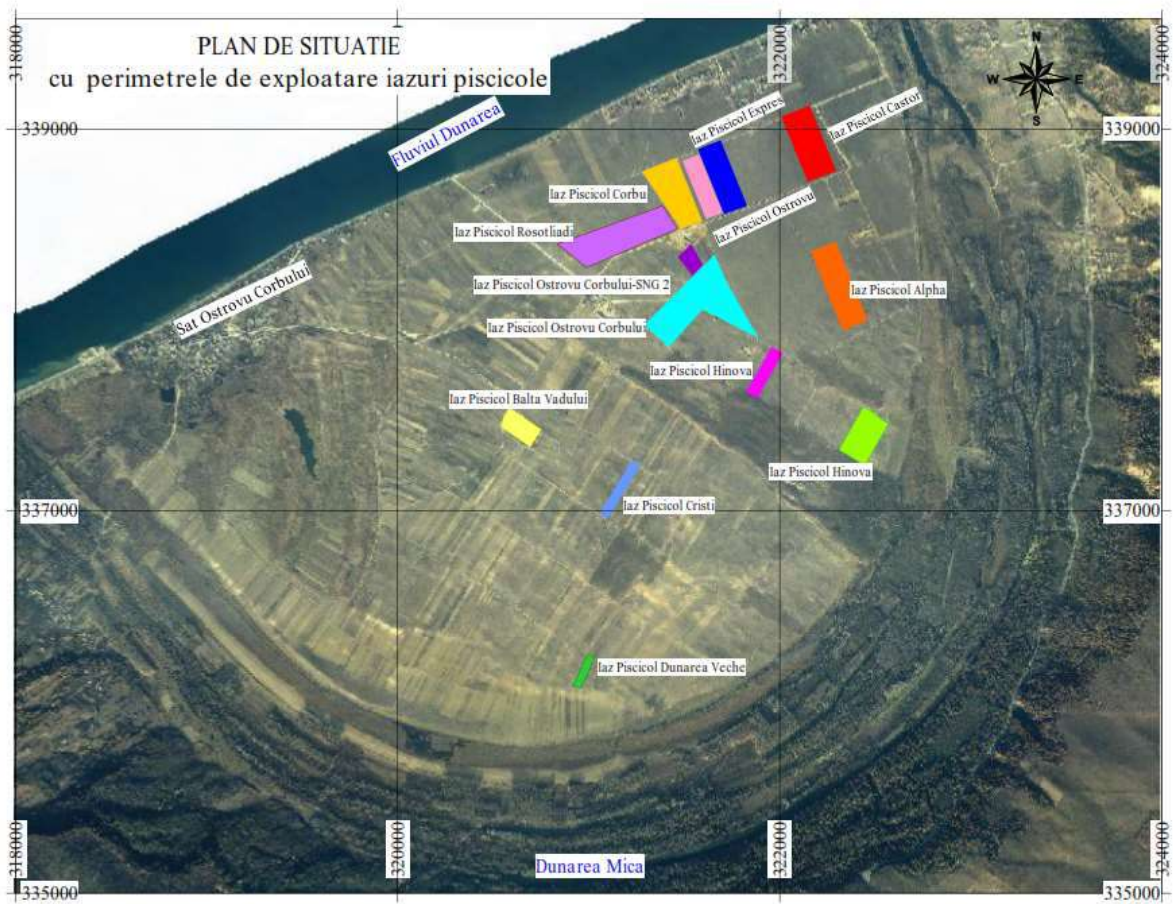


Figura 28. Situatia exploatarilor de agregate minerale in zona Ostrovu Corbului

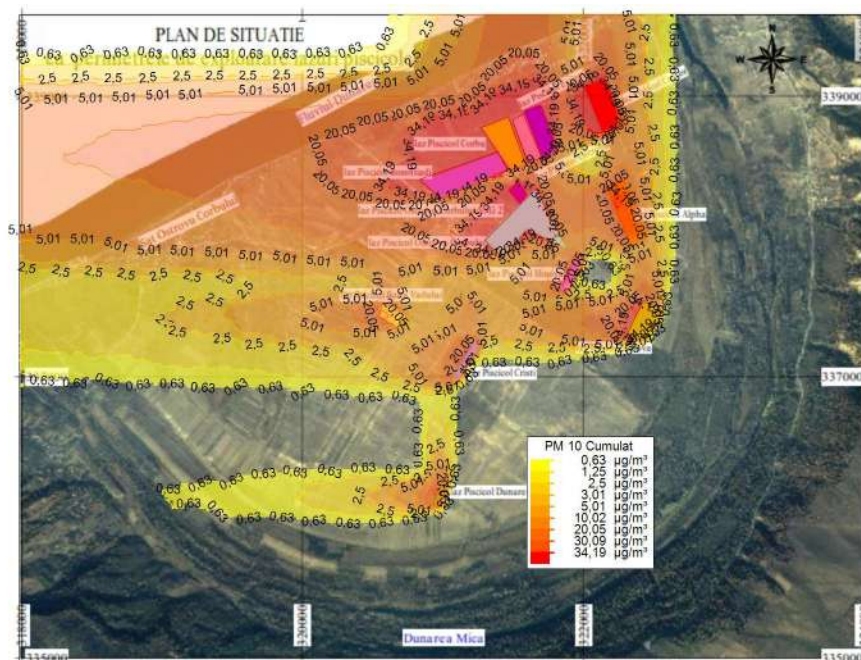


Figura 29. Concentrația maximă de PM10 – timp de mediere 24h cumulat împreună cu activitățile similare din zona de implementare a proiectului.

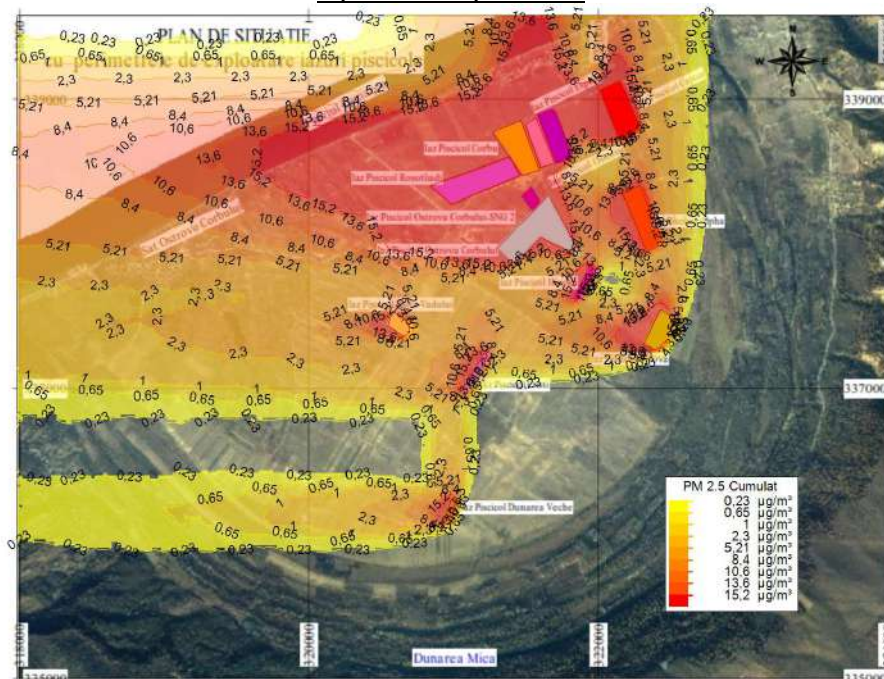


Figura 30. Concentrația maximă de PM2.5– media anuală. Cumulat împreună cu activitățile similare din zona de implementare a proiectului.

Notă: în modelarea concentrațiilor cumulate pentru PM10 și PM2.5 s-au utilizat datele cunoscute și avute la dispoziție la data întocmirii prezentei documentații.

Modelarea dispersiei emisiilor de poluanți

4.5. Măsuri

Emisiile de particule din zonă pot apărea în timpul pregătirii terenului, extracției, manipulării și transportului mineralelor extrase. Emisiile pot să varieze substanțial de la o zi la alta, în funcție de nivelul de activitate, operațiunile specifice întreprinse și condițiile meteorologice. Magnitudinea impactului particulelor în suspensie depinde de măsurile aplicate.

Concentrațiile modelate în capitolul anterior se vor atinge doar dacă sunt respectate cu strictețe următoarele măsuri:

- fronturile de lucru, drumurile tehnologice, platformele, depozitele de agregate vor fi stropite în scopul diminuării (eliminării) emisiilor de praf în toate perioadele uscate.
- achiziționarea și dotarea punctului de lucru cu stație meteo echipată cu senzori de umiditate – direcția și viteza vântului.
- evitarea activităților de încărcare/descărcare a autobasculantelor cu agregate (materiale generatoare de praf), în perioadele când viteza vântului atinge peste 3 m/s.
- desemnarea unui angajat din cadrul companiei pentru a monitoriza condițiile meteo în vederea sistării activității pe perioadele când vântul depășește viteza de 3 m/s sau în situații în care vizual observă antrenarea particulelor ca să poată intervenii prin udarea zonelor afectate

În vederea aplicării măsurilor în cazul particulelor antrenate de vânt se vor utiliza indicatorii din tabelul nr. 10 corelați cu datele de la stația meteo:

Tabel 10.

		Viteza vântului		Precipitații		
		m/s	Scara Beaufort	Uscat	Ploaie	Ploaie Torențială
> 6	Se ridică praful. Rămurelele se mișcă vizibil. Grânele se ondulează. Flamura se întinde, luând o poziție orizontală.	4 ⁺				
2 - 6	Se simte adierea pe față. Girueta începe să se orienteze. Frunzele foșnesc din când în când. Pavilionul și flamura încep să fluture ușor.	2 – 3				
< 2	Fumul indică direcția vântului. Unele frunze tremură. Girueta nu se orientează după vânt.	0 – 1				

*Notă: în cazul în care din motive tehnice nu funcționează stația meteo până la remedierea acestora se utilizează Scara Beaufort

Legendă

- roșu – fronturile de lucru, drumurile tehnologice, platformele, depozitele de agregate vor fi stropite în scopul diminuării (eliminării) emisiilor de praf
- galben - fronturile de lucru, drumurile tehnologice, platformele, depozitele de agregate vor fi inspectate și în cazul în care se impune vor fi stropite în scopul diminuării (eliminării) emisiilor de praf
- verde – nu sunt necesare luarea de măsuri



- viteza de deplasare a mijloacelor auto pe drumurile de exploatare existente să fie limitată la 30 km/h pentru a nu fi reantrenate particulele materiale
- instruirea personalului în vederea aplicării măsurilor de reducere a emisiilor de particule
- controlul eficient al emisiilor de particule din aer necesită întreținerea și funcționarea corespunzătoare a tuturor instalațiilor și echipamentelor de pe amplasament.
- implementarea unui program de întreținere planificată la toate instalațiile și echipamentele în conformitate cu recomandările producătorilor pentru a se asigura că funcționează optim și eficient.
- stocurile de piese de schimb esențiale și articole consumabile vor fi păstrate la fața locului sau în apropierea acestuia.
- orice defecțiune sau defecțiune care duce la emisii anormale va fi tratată cu promptitudine iar operațiunile vor fi modificate sau suspendate până când se poate restabili funcționarea normală. Toate acestea defecțiuni și acțiunile întreprinse vor fi înregistrate într-un registru.
- toate reclamațiile referitoare la emisiile de particule vor fi înregistrate și raportate administratorului societății, care va investiga circumstanțele și se va asigura că măsurile corective necesare sunt luate.
- în cazul unei plângeri a unui membru al comunității locale învecinate cu privire la emisiile de praf provenite de la punctul de lucru, va fi păstrată o evidență a acestora și pusă la dispoziția APM și GNM. În plus, detaliile oricăror reclamații primite și măsurile corective întreprinse vor fi puse la dispoziția autorităților responsabile și a companiilor ce desfășoară activități similare în vecinătate pentru a se putea lua în comun măsurile necesare în vederea diminuării impactului cumulat dacă este cazul.
- toate reclamațiile vor fi investigate cât mai curând posibil și reclamantul va fi informat pe tot parcursul anchetei.
- în cazul oricărei plângeri privind praful, confirmată, măsurile de gestionare și monitorizare a particulelor va fi revizuit astfel încât astfel de episoade să nu se repete.
- anual se va face o evaluare a măsurilor aplicate luându-se în vedere și eventualele reclamații înregistrate și modul de soluționare a acestora

Nerespectarea acestora, va conduce la înregistrarea de episoade de poluare a aerului cu particule materiale (PM10, PM 2,5).



Bibliografie

1. European Commission, *Integrated Pollution and Control: Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*, 2006, http://ec.europa.eu/environment/ipcc/brefs/lcp_bref_0706.pdf.
2. *** Commission for Environmental Cooperation, 1997, Legal Deposit - Bibliotheque nationale du Canada, ISBN 2-922305- 18-X.
3. http://www.calitateair.ro/public/home-page/?_locale=ro.
4. Supporting the improvement of air quality management practices: The "FAIRMODE pilot" activity – Journal of Environmental Management 245 (2019) 122 – 130
5. Authors: M. Mircea, G. Calori, G. Pirovano, C.A. Belis Contributors: S. Banzhaf, L. Cianciarella, H. Hebbinghaus, H. Hooyberghs, J. Mateiovicova, P. Prati, M. Schaap, P. Viaene, S. Wurzler - European Guide on Air Pollution Source Apportionment (SA) for estimating Particulate Matter (PM) source contributions with Source oriented Models (SMs) and combined use of SMs and Receptor Models (RMs) version: 1.0 date:25/01/2019
6. Authors: P. Thunis, A. Clappier and G. Pirovano - Source apportionment to support air quality management practices: A fitness – for – purpose guide; Version 3.0 – 3/3/2020; <https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/SA.html>.
7. Authors: Melanie Hobson, Nadine Allemand, Chris Done – EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019; <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>.
8. Member States' and European Commission's Common Understanding of the Commission Implementing Decision laying down rules for Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council as regards the reciprocal exchange of information and reporting on ambient air (Decision 2011/850/EU) Version of 15 March 2018 - As agreed with the Ambient Air Quality Expert Group in 30 January 2018 and 9 February 2018 Thunis P., Janssen S., Wesseling J.,
9. Belis C. A., Pirovano G., Tarrason L., Guevara M., Monteiro A., Clappier A., Pisoni E., Guerreiro C., González Ortiz A. on behalf of FAIRMODE 2019 Recommendations regarding modelling applications within the scope of the ambient air quality directives.
10. On the validity of the incremental approach to estimate the impact of cities on air quality – Atmospheric Environment 173 (2018) 210 – 222
11. Gregor Kiesewetter, Jens Borken-Kleefeld, Wolfgang Schöpp, Chris Heyes¹, Imrich Bertok¹, Philippe Thunis, Bertrand Bessagnet, Etienne Terrenoire, Markus Amann, International Institute for Applied Systems Analysis IIASA, Joint Research Centre JRC-IES INERIS March 2013 - Modelling compliance with NO₂ and PM₁₀ air quality limit values in the GAINS model.
12. <https://atmosphere.copernicus.eu/>
13. Planul Urbanistic General – UAT Hinova
14. Planul de Menținere a calității aerului în județul Mehedinți 2020 – 2025 - <https://cjmehedinti.ro/documents/20119/146508/03.03.PLANUL+DE+MEN%C8%9AINERE+A+CALIT%C4%82%C8%9AII+AER+ULUI+%C3%8EN+JUDE%C8%9AUL+MEHEDIN%C8%9AI.pdf/4c924b9d-148e-deec-349b-aac66302417b?t=1614759616993>
15. <http://lampz.tugraz.at/~grral/index.php/2-uncategorised/1-description>
16. Agenția pentru Mediu a Regiunii Autonome a Tirolului de Sud - Evaluarea calității aerului înconjurător 2010 – 2017 <file:///C:/Users/DELL/Downloads/482763 Beurteilung der Luftqualitaet 2010-2017.pdf>
17. Măsuri de transport pentru Viena – Studiu de mediu privind gestionarea parcarilor și taxarea orașului – <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008550.pdf>
18. Aer – Landul Steiermark - https://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/12567945_135844225/0b486f6a/USB-09-10-luft.pdf
19. Program în conformitate cu 9a Abs.6 IG-L (2019)- pentru a reduce expunerea la Dioxidul de Azot în Linz - https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt_US/Fortschreibung_Programm_.pdf
20. Calitatea aerului în Austria Superioară și măsuri pentru respectarea valorilor limită - <http://docplayer.org/80198626-Luftquete-in-ooe-und-massnahmen-zur-einhaltung-der-grenzwerte.html>
21. Măsuri de îmbunătățire a Calității aerului în Graz – Cuantificare și evaluare - https://www.kleinezeitung.at/images/downloads/dc/0/massnahmenbewertung_miv20180517113750.pdf
22. Masterplan – "Aer curat pentru Oberhausen" - https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/Masterplaene-Green-City/oberhausen.pdf?__blob=publicationFile
23. <https://www.emisia.com/utilities/sibyl/>
24. <http://apmmh.anpm.ro/>



25. Apostol L., Apăvăloae M., 1995, Influența umezelii relative, nebulozității și ceții asupra proceselor de poluare și depoluare a atmosferei, Lucr. Sem. „Principii și tehnologii moderne pentru reducerea poluării atmosferice” Ag. de Prot. a Mediului — Staț. „Stejarul” Piatra Neamț.
26. Ardelean F., Iordache V., *Ecologie și Protecția Mediului*, Editura MATRIX ROM, București. 2007.
27. Atimtay, a. T., Harrison, D. P. - *Desulfurization of hot coal gas*, NATO ASI series: Ser. G, Ecological Sciences, voi. 42, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998.
28. Banu Alexandra Radovici O. M., 2007, Elemente de ingineria și protecția mediului. Editura Tehnică, București.
29. Bara Camelia, 2001. Metode generale privind igiena și protecția mediului, Editura Dacia Cluj-Napoca.
30. Bara L., 2004, Ecotoxicologie, Editura Universității din Oradea.
31. Bara V., Laslo C., 1997, Elemente de ecotoxicologie și protecția mediului înconjurător, Editura Universității din Oradea.
32. Bara V. 1998, Igiena mediului înconjurător, Editura Universității clin Oradea.
33. Bara V., Laslo C., Bara Camelia, 1998, Ecotoxicologie practică, Editura Universității din Oradea.
34. Bara V., Radocz L., Juhasz C., 2008, Managementul general al mediului și toxicologie, HU ISBN 963-9274-30-5.
35. Barnea M., Ursu P., 1969, Protecția atmosferei împotriva impurificării cu pulberi și gaze, Editura Tehnică, București.
36. Bamea M, Ursu P., Pollution et protection de l'atmosphère. Edition Eyrolles, Paris, 1974
37. Băbeanu Narcisa, Berca M., Borza I., Coste I., Cotigă C., Dumitrescu N., Olteanu I., 2002, Ecologie și protecția mediului, Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași, ISBN 973-8014-72-7.
38. Bălțeanu D., Șerban Mihaela, 2005, Modificări globale ale mediului. O evaluare interdisciplinară a incertitudinilor, Editura Ceres București.
39. Beretta J., Le vehicule a propulsion électrique, Pollution atmosferique, janvier - mars, 1997, 66
40. Caluianu S., Cociorva S., „Măsurarea și controlul poluării atmosferei”, Ed. Matrix Rom, București, 1999
41. Constantinescu G.C., Chimia mediului - Aerochimia, Ed. Uni - Press - C - 68, București, 2002
42. Ciplea L., I., Ciplea AL., Poluarea mediului ambient, Ed. Tehnică, București, 1978
43. David V., Controlul analitic al poluanților atmosferici, Ed. Universității, București, 1997
44. Dotreppe G.N., La pollution de l'air, Ed. Eyrolles, Paris, 1973
45. Ecosfera, Publicație de Informare și Educație Ecologică, Ianuarie, 1998
46. Iordache Gh.. 2003, Metode și utilaje pentru prevenirea poluării mediului. Editura Matrix Rom. București.
47. Hocking, M. B., *Handbook of Chemical Technology and Pollution Control*, 3rd Edition, Chapter 3. Air Pollution Control Priorities and Methods, Copyright © 2005 Elsevier Inc., ADEMIC PRESS, 2006, ISBN: 978-0-12-088796-5.
48. Jeleu J., Mediul înconjurător, vol. II, nr. 1-2, 1991
49. Lăzărescu I.. 1983. Proiecția mediului înconjurător și industria minieră. Editura Scrisul Românesc. Craiova.
50. Lixandru B., 1996, Ecologie și protecția mediului, Editura Brumar, Timișoara.
51. Maga J. A., 1971, Motor vehicle emissions in air pollution and their control, in „Advances in Environmental Sciences and Technology”. Voi. 2. Ed. By Pitts J. N., Jr. and Metcali R. L Wiley Interscience. New York/London/Sydney/Toronto.
52. Manoliu M., Ionescu Cristina, 1998, *Dezvoltarea durabilă și proiecția mediului*. Editura G.H.A.. București, ISBN 973-98077-8-X.
53. Marcazan G.M., Valli G., Vecchi R., 2002, *Factors influencing mass concentration and chemical composition of fine aerosols during a PM high pollution episode*, The Science of the Total Environment, 298, 65 - 79.
54. Marcu M. 1983, *Meteorologie și climatologie forestieră*, Editura Ceres, București.
55. Măhăra Gh. 2001, *Meteorologie*, Editura Universității din Oradea.
56. Măhăra Gh., Dudaș A., Gaceu O., 2003, *The dynamics of the utmosphere and the impact of the air pollution due to the waste dumps siluated close io the western industria! platform of Oradea* The Environmental and Socio-Economic Impact of Industrial Tai ling Ponds, Universitatea din Oradea, Tom XIII, pag. 5-18.
57. Moldovan FI., 1996, *Conferința ..Climatologie și poluat ea de la Mendoza (Argentina)*, Studia Universitatis Babeș-Boiyai, Geographia XLI, Cluj-Napoca, pag. 183-187.
58. Moza Ana Cornelia, Jude E., 2009, *Aspects regarding the air pollution with powders in suspension (PM₁₀ and PM_{2.5}) in Oradea city area*. Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului, Vol XIV, Anul 14, International Symposium "Risk Factors for Environment and Food Safety" and "Natural Resources and Sustainable Development", Editura Universității din Oradea.
59. Negoiu D., Kriza A., Poluanți anorganici în aer. Ed. Academiei. București, 1977
60. Peavy, H. S., Rowe D. R., Tchobanoglous C. *Ervironmental Engineering*. Copyright 1985, by McGraw-Hill, Inc.
61. Penescu A., Băbeanu N., Marin D.I., „Ecologie și protecția Mediului”, Ed. Sylvi, București, 2001
62. Pereș Ana C., Poluarea și autopurificarea atmosferei, Ed. Universității din Oradea, Oradea, 2011.
63. Popa R. G., Poluanți atmosferici. Metode de determinare. Tehnologii de depoluare (lucrări practice), Ed. Academica Brâncuși, Tg-Jiu, 2004
64. Popa R. G., Poluarea aerului, Ed. Sitech, Craiova, 2004.



65. Popescu M., Popescu M., Ecologie aplicată, Ed. Matrix Rom, București, 2000
66. Sanders L.C.. Toxicological aspects of energy production, Battelle press, Columbus. 1986
67. Savii C., Sacii G.. Modelarea și simularea poluării aerului, Ed. Presa Universitară Română, Timișoara, 2000
68. Stănescu, R., Untea, I., *Raport de cercetare privind identificarea surselor industriale de poluare cu COV și prezentarea legislației de mediu referitoare la emisiile de COV*, Proiect de aceretare dezvoltare CEEEX 55/2005, Cod MEC PC-D06-PT04-60, 2005.
69. Stern A.C., Air Pollution, Academic Press New York, 1976
70. Șchiopu D., Ecologie și protecția mediului, Ed. Didactică și Pedagogică R.A., București, 1997
71. Ștefan Sabina. 2004, *Fizica atmosferei, vremea și clima*, Editura Universității, București Teușdea V., Protecția mediului, Ed. Fundației „România de Măine”, București, 2000
72. Teușclea V.. 1998. *Protecția Mediului*. Editura Fundației România de Măine, București.
73. Theodore, L., Buonicore, a., *Air pollution control equipment*. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
74. Topor N., Stoica . 1965, *Tipuri de circulație atmosferică deasupra Europei*, C.S.A.. I.M., București
75. Trufaș Constanța. 2003. *Calitatea aerului*, Editura Agora, Călărași.
76. Tumanov S., 1979. *Calitatea aerului*, Editura Tehnică. București.
77. Ungureanu Irina. 1984, *Analiza protecției mediului înconjurător* Centr. Multipl. Univ. Al. I. Cuza Iași.
78. Wang, L. K, Pereira, N. C., Yang-Tse Hung, *Handbook of Environmental Engineering: Advanced Air and Noise Pollution Control*, Volume 2, Humana Press, Inc., Totowa, New Jersey, 2004.
79. Theodore, L., *Air Pollution Control Equipment Calculations*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008.
80. Varnei R., Mac Cormac B. M., Atmospheric pollutants, Introduction on the scientific study of atmospheric pollution, Reidet, 1971, 8.
81. Vespremeanu E., 1986, *Mediul înconjurător ocrotirea și conservarea lui*, Editura Științifică și Enciclopedică. București.
82. Vișan Sanda, Angelescu Anca, Alpopi Cristina. 2000. *Mediul înconjurător. Poluare și protecție*. Editura Economică. București.
83. Voicu V., 1994, *Agenda pentru combaterea noxelor în indirstric* Editura Tehnică, București.
84. Zăpârțan Maria, Mintăș Olimpia. Moza Ana, Agud Hliza, 2009 *Biometeorologie și Bioclinratologie*, Editura Eikon, Cluj-Napoca.
85. Weller G.. 1995. *Global polution and its effect on the climate of the Arctic*, The Science of total Environmct. 160/161, 19 - 24.
86. Weston R. E. Jr., 1996. *Possible greenhouse effects o tetrafluorometharne and carbon dioxide emitted front aluminilul production*, Atmospheric Environment. 30 (16). 2901 - 2910.
87. Winer A. M., 1986, *Air pollution chemistry in ..Handbook of Ai Pollution Analysis*", Ed. by Harrison P. M. and Perry R.. Chapmai and Hali, London - New York.
88. European Commision, *Integrated Pollution and Control: Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*, 2006, http://ec.europa.eu/environment/ipcc/brefs/lcp_bref_0706.pdf.
89. *** Commission for Environmental Cooperation, 1997, Legal Deposit - Bibliotheque naționale du Canada, ISBN 2-922305- 18-X.
90. *** *Ministerul Apelor și Protecției Mediului, 2002*, Normativ din 25 iunie 2002, privind stabilirea valorilor limită, a valorilor de prag și a criteriilor și metodelor de evaluare a dioxidului de sulf, dioxidalui de azot și a oxizilor de azot, pulberilor în suspensie (PM_{10} și $PM_{2,5}$), plumbului, benzenului, monoxidului de carbon, și ozonului în aerul înconjurător, București.