

# **CONTRIBUȚII PRIVIND CREȘTEREA SIGURANȚEI TRANSPORTULUI RUTIER DE MĂRFURI PERICULOASE**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea "Politehnica" din Timișoara  
în domeniul INGINERIE MECANICĂ  
de către

**ing. Eugen-Dumitru Bușa**

Conducător științific: prof.univ.dr.ing Ioan Nicoară

Referenți științifici: gl (r) prof.univ.dr. ing. Emil Crețu  
prof.univ.dr.ing. Sevastian Bocîi  
conf.univ.dr.ing. Corina Gruescu

Ziua susținerii tezei: 28 martie 2013.

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Automatică          | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie              | 8. Inginerie Industrială                    |
| 3. Energetică          | 9. Inginerie Mecanică                       |
| 4. Ingineria Chimică   | 10. Știința Calculatoarelor                 |
| 5. Inginerie Civilă    | 11. Știința și Ingineria Materialelor       |
| 6. Inginerie Electrică |   |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2006

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Mecatronică al Universității „Politehnica” din Timișoara.

Lucrarea, cu un vădit caracter interdisciplinar, care reunește prin conexiuni impuse de necesitate, discipline diverse, printre care inginerie mecanică, chimie, legislație, management, proiectare CAD și altele, s-a bucurat de sprijinul substanțial, competent și permanent al conducătorului științific, dl prof. univ. dr. ing. Ioan Nicoară, căruia, pe această cale, îi transmit o profundă grațitudine.

Odată cu finalizarea tezei de doctorat, doresc să mulțumesc tuturor celor care m-au sprijinit și îndrumat pe întreaga perioadă a ciclului de pregătire și elaborare a tezei de doctorat. În mod special, îi mulțumesc dlui prof. univ. dr. ing. Liviu Sevastian Bocîi, care a fost alături de mine pe tot parcursul stagiului de pregătire și apoi de finalizare a tezei.

Nu în ultimul rând, mulțumesc familiei mele care m-a ajutat, înțeles și încurajat mereu.

Timișoara, martie 2013

Eugen-Dumitru Bușa

Bușu, Eugen-Dumitru

**Contribuții privind creșterea siguranței transportului de mărfuri periculoase**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 9, Nr. 134, Editura Politehnica, 2013, 135 pagini, 72 figuri, 21 tabele.

ISSN: 1842-4937

ISBN: 978-606-554-644-8

Cuvinte cheie: siguranța transportului rutier, mărfuri periculoase, gestionarea riscului, sisteme mecanice automate de stingere / neutralizare a incendiilor / substanțelor toxice

Rezumat

Lucrarea este dedicată unui domeniu tehnic particular și puternic interdisciplinar, cu impact economic și ecologic, domeniu a cărei abordare științifică se află la început. Teza este o mărturie a interesului pentru dezvoltarea și aprofundarea acestui tip de abordare.

Ca rezultat al cercetărilor în domeniul transportului rutier de mărfuri periculoase, se subliniază următoarele realizări:

- ❑ elaborarea unei metode de evaluare și al unui model matematic de descriere a riscului în transportul rutier al substanțelor periculoase
- ❑ stabilirea unor criterii de optimizare a managementului transportului rutier de mărfuri periculoase prin aplicarea unor metode decizionale multicriteriale
- ❑ determinarea unor algoritmi specifici logisticii asociate transportului de mărfuri periculoase
- ❑ propunerea unor soluții de creștere a siguranței în cazul transportului în containere cub a substanțelor periculoase. Cele două soluții mecatronice prezentate fac obiectul unei propuneri de brevet de invenție
- ❑ elaborarea unor recomandări (lege ferenda) privind legislația în domeniul depozitării, transportului, pregătirii profesionale continue a personalului cu atribuții în acest domeniu

## CUPRINS

<b>Cuprins .....</b>	<b>5</b>
<b>Notații, abrevieri, acronime .....</b>	<b>7</b>
<b>Lista tabelelor.....</b>	<b>9</b>
<b>Lista figurilor .....</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCERE .....</b>	<b>13</b>
<b>2. STADIUL ACTUAL PRIVIND MANAGEMENTUL ȘI GESTIONAREA RISCULUI ÎN TRANSPORTUL MĂRFURILOR PERICULOASE .....</b>	<b>20</b>
2.1 Transportul – definiție și clasificare .....	20
2.2. Mărfurile periculoase și transportul acestora .....	23
2.2.1. Definierea și clasificarea mărfurilor periculoase .....	23
2.2.2. Particularități ale transportului de mărfuri periculoase .....	31
2.2.3. Elemente de legislație privind transportul mărfurilor periculoase .....	46
2.2.3.1 legislație internațională .....	46
2.2.3.2 legislație națională .....	48
2.3. Concluzii și contribuții personale .....	49
<b>3. EVALUAREA RISCULUI ÎN CAZUL TRANSPORTULUI DE MĂRFURI PERICULOASE .....</b>	<b>52</b>
3.1. Considerații generale privind riscul asociat .....	52
transportului de mărfuri periculoase.....	52
3.2. Elemente de modelare matematică a riscului .....	60
3.3. Concluzii și contribuții personale .....	63
<b>4. OPTIMIZAREA MANAGEMENTULUI TRANSPORTULUI DE MĂRFURI PERICULOASE .....</b>	<b>66</b>
4.1. Probleme de optimizarea a transportului .....	66
4.2. Aplicație privind optimizarea managementului transportului de mărfuri periculoase .....	71
4.3. Concluzii și contribuții personale .....	81
<b>5. SOLUȚII TEHNICE PENTRU CREȘTEREA SIGURANȚEI ÎN TRANSPORTUL MĂRFURILOR PERICULOASE .....</b>	<b>84</b>
5.1. Caracteristici constructiv-funcționale impuse prin legislație sistemelor de transport al mărfurilor periculoase .....	84
5.2. Soluții de creștere a siguranței transportului rutier de mărfuri periculoase .....	86
5.2.1. Principul general de funcționare al sistemului de siguranță.....	86
5.2.2. Sistem mecatronic de siguranță – soluția 1.....	86
5.2.3. Sistem mecatronic de siguranță – soluția 2.....	92
5.3. Măsurile pentru prevenirea și reducerea agresivității mărfurilor periculoase asupra mediului ambiant .....	99

5.4 Măsuri educaționale propuse pentru creșterea siguranței transportului de mărfuri periculoase .....	103
5.5. Concluzii și contribuții personale .....	105
<b>6. APLICAȚII PRIVIND CALCULUL SISTEMELOR DE SIGURANȚĂ ȘI LOGISTICII ASOCIATE TRANSPORTULUI DE MĂRFURI PERICULOASE .....</b>	<b>107</b>
6.1. Calculul parametrilor mecanici și hidraulici ai .....	107
sistemului de siguranță .....	107
6.1.1. Calculul debitului de lichid necesar stingerii unui incendiu în care sunt implicate substanțe periculoase.....	107
6.1.2. Determinarea numărului capetelor de debitare .....	109
6.1.3. Stabilirea cantității de substanță de stingere și determinarea parametrilor hidraulici ai curgerii.....	111
6.1.4. Calculul pompei necesare instalației.....	113
6.1.5. Determinarea domeniului optim de oscilație a conductei principale .....	114
6.2. Logistica asociată transportului de mărfuri periculoase .....	116
6.3 Concluzii și contribuții personale .....	125
<b>7. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE .....</b>	<b>127</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>133</b>

## Notații, abrevieri, acronime

Notații, abrevieri, acronime	Semnificație
a, b	alternative
$a_i$	cantitate de produs la furnizorul i [um]
A	suprafața de stingere [m <sup>2</sup> ]
ADR	Acordul European privind transportul rutier internațional de mărfuri periculoase
atm	atmosfera
$b_i$	cantitate de produs cerut de beneficiarul i
$c_j$	coeficientul de rang j al matricii de concordanță
C(a,b)	matrice de concordanță
$C_i$	consecințele unui incident
$d_j$	indice de discordanță de rang j
D	diametrul conductei principale [m]
$D_i$	numărul persoanelor afectate de incident
DT	criteriul Dificultate trafic
DU(r)	funcția disutility
$F_i$	furnizori
$g_i$	criteriul i
H	înălțimea de refulare a pompei [m]
I	operator relațional de indiferență
$I_s$	intensitatea de stingere [l/min m <sup>2</sup> ]
INFR	criteriul Infrastructură
IP(r)	funcția incident probability
k	rangul șirului de evenimente
$k_i$	coeficient de pondere
$k_s$	coeficient de siguranță
l	litru
$l_i$	lungimea tronsonului i [km]
$L_i$	localitatea de destinație i
m	metru
MM(r)	funcția minimax
MV(r)	funcția mean-variance
n	număr de tronsoane al unei rute
$N_{cd}$	numărul capetelor de debitare
NP	criteriul Număr de populație
ONU	Organizația Națiunilor Unite
p	prag de preferință
$p_i$	probabilitatea unui incident
P	funcția probabilitate
$P_u$	puterea utilă a pompei [W]
P	operator relațional de preferință
PE(r)	funcția population exposure
POL	criteriul <i>Poluare</i>
PR(r)	funcția perceived risk
q	prag de indiferență
$q_{i,nec}$	debitul necesar stingerii incendiului

## 8 Notății, abrevieri, acronime

$q_{ij}$	debitul unui cap de debitare
$Q$	operator relațional de slabă preferință
$Q_{dc}$	capacitate de depozitare/depozit [palete]
$Q_{dq}$	capacitatea de depozitare [palete goale]
$Q_{ds}$	capacitate de depozitare/secție [palete]
$R$	criteriul <i>Rută</i>
$Re$	numărul Reynolds
$S$	operator relațional de ierarhizare
$S_{dc}$	suprafață utilă a unui depozit central [ $m^2$ ]
$S_{dq}$	suprafața utilă a depozitului de palete goale [ $m^2$ ]
UE	Uniunea Europeană
$v$	prag de veto
$V$	viteza de curgere [m/s]
$V_{rez}$	volumul rezervorului
$T$	durata operațiunii de stingere [min]
$TR(r)$	funcția transportation risc
$^{\circ}C$	grade Celsius
$\alpha$	unghiul de oscilație al conductei principale
$\delta$	unghiul conului de pulverizare
$\lambda_i$	rata incidentelor/accidentelor pe tronsonul $i$
$\nu$	vâscozitatea [ $m^2/s$ ]
$\rho$	densitate [ $kg/dm^3$ ]



## Lista tabelelor

Tabel
Capitolul 2
Tabelul 2.1 Clasificarea mijloacelor de transport după criteriul naturii căii de transport
Tabelul 2.2 Clasificarea mijloacelor de transport după criteriul propulsiei
Tabelul 2.3 Clasificarea mijloacelor de transport după criteriul destinației
Tabelul 2.4 Clasificarea mijloacelor de transport după criteriul distanței
Tabelul 2.5 Clasele de substanțe periculoase
Tabelul 2.6 Semnificația numerelor de pericol
Tabelul 2.7 Interpretarea numerelor de pericol
Tabelul 2.8 Definiții ale elementelor utilizate în transportul rutier conform ADR
Tabelul 2.9 Configurații ale containerelor ISO
Capitolul 3
Tabelul 3.1 Caracteristicile amoniacului
Tabelul 3.2 Date numerice de ilustrare a modelului matematic de risc
Capitolul 4
Tabelul 4.1 Datele necesare stabilirii valorilor criteriului NP
Capitolul 5
Tabelul 5.1 Condiții tehnice impuse autovehiculelor în traficul internațional
Tabelul 5.2 Programul Safety Training
Tabelul 5.3. Programul Special Safety Training
Capitolul 6
Tabelul 6.1 Valori ale coeficientului $k_2$
Tabelul 6.2 Caracteristicile semiremorcii frigorifice
Tabelul 6.3 Intensități de stingere, protecție și răcire
Tabelul 6.4 Debitelile specifice ale capetelor de debitare a apei - extras
Tabelul 6.5 Valorile de calcul pentru $T_t$ în minute, pe operații de stingere
Tabelul 6.6 Clasificarea depozitelor de mărfuri periculoase

## Lista figurilor

Figura
Capitolul 2
Fig. 2.1 Repartiția modală a transporturilor în Europa (2010)
Fig. 2.2 Evoluția modală a transporturilor în România (2008 – 2010)
Fig. 2.3 Rețeaua națională de căi ferate
Fig. 2.4 Rețeaua rutieră națională
Fig. 2.5 Forțele care acționează asupra unui autovehicul
Fig. 2.6 Mod de repartizare a încărcăturii
Fig. 2.7 Materiale folosite la arimarea mărfurilor
Fig. 2.8 Panou de semnalizare standard
Fig. 2.9 Vehicule cisternă semnalizate cu panouri cu numere laterale și panouri neutre în față și spate
Fig. 2.10 Exemple de aplicare a etichetelor de pericol pe container cub, container cisternă, respectiv ambalaje
Fig. 2.11 Calea navigabilă Constanța-Rotterdam (Canal Dunăre-Marea Neagră, Dunăre, Canal Main-Dunăre, Main, Rhin)
Fig. 2.12 Rețeaua aeriană internă
Capitolul 3
Fig. 3.1 Model de Fișă de evaluare a riscului
Fig. 3.2 Model de Fișă de evaluare a riscului – exemplu
Fig. 3.3 Rezultatul calculatorului de risc în cazul incidentului cu un deces
Fig. 3.4 Costul estimativ al reducerii cu 50% al unui risc cu scor înalt
Fig. 3.5 Gradul de implementare a măsurilor de securitate în România, pe criteriul modului de transport
Capitolul 4
Fig. 4.1 Ruta 1: Nădlac – Arad – Deva – Alba-Iulia – Sibiu – Brașov – Ploiești – București – Constanța
Fig. 4.2 Ruta 2: Nădlac – Arad – Timișoara – Lugoj – Dr. Tr. severin – Craiova – Pitești – București – Constanța
Fig. 4.3 Ruta 3: Nădlac – Arad – Deva – Alba Iulia – Sibiu – Râmnicu Vâlcea – Pitești – București – Constanța
Fig. 4.4 Ruta 4: Nădlac – Arad – Deva – Simeria – Petroșani – Tg. Jiu – Craiova – Pitești – București – Constanța
Fig. 4.5 Fereastra de deschidere a aplicației Electre III
Fig. 4.6 Alternativa 1
Fig. 4.7 Alternativa 2
Fig. 4.8 Alternativa 3
Fig. 4.9 Alternativa 4
Fig. 4.10 Criteriul <i>Ruta</i> , cu coeficientul de pondere 0.2
Fig. 4.11 Criteriul <i>Poluare potențială în caz de incident</i> cu ponderea 0.2
Fig. 4.12 Criteriul Numărul de persoane potențial afectate de un incident cu ponderea 0.25
Fig. 4.13 Criteriul <i>Starea infrastructurii</i> cu ponderea 0.25
Fig. 4.14 Criteriul <i>Dificultatea traficului</i> cu ponderea 0.1
Fig. 4.15 Valorile numerice ale criteriilor
Fig. 4.16 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul R

Fig. 4.17 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul POL
Fig. 4.18 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul NP
Fig. 4.19 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul INFR
Fig. 4.20 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul DT
Fig. 4.21 Matricea de concordanță, rezultată prin testarea principiilor concordanței și non-discordanței
Fig. 4.22 Matricea de ierarhizare
Fig. 4.23 Ierarhizarea finală a alternativelor (grafică - a sau tabelară - b)
Capitolul 5
Fig. 5.1 Schema cuprinzând principalele subansambluri funcționale ale sistemului de siguranță
Fig. 5.2 Vedere laterală din interiorul compartimentului (5- conducta principală, 6- suport mecanic, 12- conductă secundară, 14- pompă hidraulică, 17- rezervor, 20- senzor)
Fig. 5.3 Compartiment de încărcare - vedere exterioară (a) și interioară (b)
Fig. 5.4 Detalii constructive și de legătură a subansamblurilor rezervor - pompă - conductă secundară (10- furtun flexibil, 11-colier de susținere conductă secundară, 12- conductă secundară, 13 - racord la 90°, 14- pompă hidraulică, 15- suport rezervor, 16- bușon de golire/umplere, 17- rezervor, 18- racord la 60°, 19- cuplă rapidă) Fig.5.5 Componentele subansamblului motoreductor (1 - pinion, 2 - roata condusă, 3 - bucsă cu dublă strângere radială, 4 - motor)
Fig. 5.6 Componente mecanice de susținere a conductelor (5- conducta principală, 6- suport mecanic ancorat în plafon, 7- suport lagăr de alunecare, 8- duza de stropire, 9 -plafon superior al compartimentului de încărcare)
Fig. 5.7 Subansamblu plafon inferior (componenta de acumulare a lichidului rezidual)
Fig. 5.8 Vedere de ansamblu- soluția 2 (1-pompă autoamorsantă, 2- rezervor lichid de neutralizare, 3-furtun flexibil, 4-conducta centrală, 5-duze stropire, 6- sanie suport, 7-angrenaj conic reductor, 8-servo-motor)
Fig. 5.9 Vedere de ansamblu a compartimentului de încărcare
Fig. 5.10 sistemul de alimentare din rezervorul cu lichid neutralizant (1-pompă autoamorsantă, 2-rezervor lichid de neutralizare, 3-furtun flexibil 4-conductă principală de legătură cu pompa)
Fig. 5.11 Sistemul mecanic de stropire (3-furtun flexibil, 4-conductă centrală, 5- duze de stropire, 6-sanie, 9-nipluri)
Fig 5.12 Detalii ale supapei de stropire
Fig. 5.13 Ansamblul sanie-conducte-furtun
Fig. 5.14 Ansamblul role ghidare-servomotor-angrenaj conic reductor (6-sanie, 7-angrenaj conic , 8-motor electric, 10-rolă conducătoare, 11-role de ghidare, 12-ghidaj)
Fig. 5.15 Vedere izometrică - ansamblu role de ghidare și sanie
Fig. 5.16 Ansamblu role de susținere (11-rolă ghidare, 13- ghidaj U)
Fig. 5.17 Arhitectura sistemului e-Call
Fig. 5.18 Sistemul e-Call în cazul accidentelor rutiere, în care sunt implicate autovehiculele dotate cu elementele necesare intrării în sistem
Capitolul 6
Fig. 6.1 Autovehicul care transportă amoniac ambalat în butoaie și semnalizarea corespunzătoare transportului
Fig. 6.2 Container/compartiment de încărcare unde se află butoaie cu amoniac

Fig. 6.3 Distanța dintre jeturile de lichid, pentru 8 capete de debitare, cu evidențierea unghiului de pulverizare $\delta$
Fig. 6.4 Întrepătrunderea jeturilor de lichid pentru 24 capete de debitare
Fig. 6.5 Pompa cu autoamorsare
Fig. 6.6 Intervalul unghiular necesar oscilației conductei principale
Fig. 6.7 Elemente de geometrie necesare calculului unghiului de oscilație maxim
Fig. 6.8 Variația gradului de încărcare în funcție de unghiul $\alpha$
Fig. 6.9 Variația unghiului de oscilație funcție de înălțimea ocupată de încărcătură în container
Fig. 6.10 Infrastructura tehnică a unui depozit de mărfuri periculoase - cerințe
Fig. 6.11 Subsistemul de depozitare
Fig. 6.12 Interior model al unui depozit mărfuri periculoase
Fig. 6.13 Modalități de depozitare a mărfurilor periculoase
Fig. 6.14 Container și suprastructură port-container

## 1. Introducere

Prezenta lucrare pornește de la o realitate economică privind situația transporturilor și urmărește să introducă o abordare științifică într-un domeniu pentru care, la noi în țară, s-a manifestat interes mai mult din perspectivă legislativă, decât din cea tehnică. Obiectul tezei este o ramură foarte specializată a transportului, și anume, transportul de mărfuri periculoase.

Transportul, în cea mai largă accepțiune, s-a dezvoltat odată cu civilizația umană și a înglobat, pe parcursul istoriei, toate elementele de progres tehnic și științific ale acesteia. Însă, pe lângă beneficiile majore, care au impus transportul ca ramură de sine stătătoare și de mare importanță a economiei oricărei țări, au apărut și riscuri inerente și, uneori, majore.

Dezvoltarea industriei chimice a condus la fabricarea unei game foarte diversificate de materii prime sau produse finite, dintre care un procent ridicat prezintă riscuri pentru mediu sau pentru orice formă de viață în cazul în care sunt utilizate sau manipulate incorect. Transportul de la producător la beneficiarul din industrie sau agricultură al substanțelor chimice numite periculoase este rezervat unei ramuri specializate a acestuia.

Deplasarea substanțelor sau mărfurilor periculoase se realizează, în principiu, prin toate modurile de transport, adică feroviar, rutier, naval sau aerian. Totuși, avantajele transportului rutier, conduc la preferința netă pentru acest mod și, ca urmare, substanțele periculoase circulă cu mare frecvență pe arterele rutiere continentale și naționale.

Caracterul periculos al unei încărcături adaugă riscuri suplimentare față de cele asociate unui transport rutier oarecare. Accidentele în care sunt implicate autovehiculele care transportă mărfuri periculoase pot afecta nu numai conducătorii auto și eventual pasagerii, ci și populația și mediul de pe o anumită arie. Accidentele de acest tip se pot clasifica de la simple incidente, cu pierderi materiale minore, până la catastrofe umane și de mediu.

Aceste considerente au determinat societatea umană să responsabilizeze factorii de decizie de la diverse niveluri, prin adoptarea unor măsuri comune și agreeate de toți participanții la traficul transfrontalier, în legătură cu securitatea acestui tip de transport.

Abordarea problemei, la nivel mondial are, însă, un caracter general, de exprimare a unor ținte de securitate și de stabilire a unui sistem de avertizare comun, standardizat și, ca urmare, asumat de toate statele. Din punct de vedere tehnic, însă, măsurile de securitate efective sunt stabilite de fiecare stat.

În România, componenta legislativă și juridică asociată transportului de mărfuri periculoase se află cu un pas înaintea componentei tehnice. Această situație se datorează cerințelor legislative impuse de aderarea la Uniunea Europeană. Documentele cu caracter legislativ, însă, nu au în totalitate normative de aplicare elaborate și, ca urmare, operatorii de transport lucrează în mare măsură în condiții de risc aflate la latitudinea lor.

Rezultatul acestei situații de fapt este acela că România se plasează pe primele locuri în statisticile privitoare la diverse categorii de accidente în Europa.

Pentru un transport mai sigur și diminuarea incidentelor sau accidentelor se impun *măsuri tehnice*, orientate pe tipul de marfă, vehiculul utilizat și ruta parcursă.

Scopul major al acestei lucrări este să contribuie la creșterea siguranței transportului de mărfuri periculoase.

\*\*\*

Lucrarea este structurată pe 7 capitole.

În primul capitol, *Introducere*, este justificată alegerea temei și este enunțat scopul major al tezei. Este prezentată sumar structura tezei și, conținutul, pe capitole, al acesteia.

În capitolul al doilea al tezei, *Stadiul actual privind managementul și gestionarea riscului în transportul mărfurilor periculoase*, sunt definite conceptele de transport, în general, și caracteristicile transportului de mărfuri periculoase, în particular.

Este prezentată distribuția la nivel european a utilizării modurilor de transport (feroviar, rutier, naval și aerian) și se observă că cca. 85% din transporturi se efectuează prin modurile rutier (44%) și aerian (41%) și numai 8%, respectiv 4% revin modurilor feroviar, respectiv fluvial.

În România, este preponderent cu aproximativ 70% din activitate transportul rutier, urmat la mare distanță de cel feroviar (12%) și de cele aerian și fluvial (ambele cu o pondere de cca. 9%).

Pentru fiecare mod de transport sunt prezentate avantajele și dezavantajele, precum și rețelele naționale disponibile.

În volumul total al mărfurilor transportate se distinge categoria specială a mărfurilor periculoase. Acestea sunt bine definite și clasificate pe grade de pericolozitate, la nivel internațional. România este parte a Acordului European privind transportul rutier internațional de mărfuri periculoase, inițiat în 1957 și dezvoltat prin diverse directive, care au urmărit, în principal, actualizarea normelor în concordanță cu modernizarea vehiculelor și infrastructurii.

Având în vedere ponderea majoritară a transportului rutier în România, se acordă un spațiu extins elementelor caracteristice acestuia. În lucrare se prezintă sintetic tipurile de vehicule și containerele care pot fi utilizate la transportul mărfurilor periculoase. Sunt descrise detaliat clasele de substanțe periculoase și panourile, respectiv etichetele de avertizare care trebuie, conform ADR, să fie atașate vehiculelor sau/și ambalajelor.

Teza conține elemente de legislație internațională și națională, care reglementează transportul substanțelor periculoase. Se constată că România a adoptat o serie largă de documente legislative cu privire la transportul mărfurilor periculoase, mai cu seamă ca expresie a integrării în Uniunea Europeană. Caracterul transfrontalier impunea armonizarea legislativă cu prioritate într-un domeniu de activitate care este legat de producție, comerț și distribuție de mărfuri. Normativele de aplicare a legilor au fost, deocamdată, doar parțial elaborate. În plus, implementarea procedurilor care decurg din aceste normative este încă în faza de derulare. Cu precădere au fost puse în aplicare cerințele formale, care vizează utilizarea unui anumit tip de vehicul și semnalizarea sa conform normelor internaționale.

Măsurile efective de securitate ar trebui concepute și integrate în proceduri standard începând de la nivelul companiilor producătoare, al operatorilor de transport și al companiilor beneficiare, până la nivelul agențiilor de stat, respectiv al guvernului.

Având în vedere analiza critică din capitolul al doilea al lucrării, prezenta teză și-a propus următoarele *obiective*:

- ❑ *elaborarea unei metode de evaluare a riscului în transportul rutier al substanțelor periculoase*
- ❑ *stabilirea unor criterii de optimizare a managementului transportului rutier de mărfuri periculoase*
- ❑ *determinarea unor algoritmi specifici logisticii asociate transportului de mărfuri periculoase*
- ❑ *propunerea unor soluții de creștere a siguranței în cazul transportului în containere cub a substanțelor periculoase*
- ❑ *elaborarea unor recomandări (lege ferenda) privind legislația în domeniul depozitării, transportului, pregătirii profesionale continue a personalului cu atribuții în acest domeniu.*

În capitolul al treilea al tezei, *Evaluarea riscului în cazul transportului de mărfuri periculoase*, au fost tratate probleme de risc asociat transportului de mărfuri periculoase. În acest caz particular, riscul estimează probabilitatea producerii unor dezastru la transportul unui anumit volum de substanță periculoasă, pe diferite rute ale unei rețele de transport. Conceptul de risc implică două componente fundamentale, și anume, frecvența accidentelor și, respectiv consecințele lor.

Evaluarea riscului presupune determinarea probabilității de producere a unui dezastru, precum și consecințele expunerii la efectele acestuia. Pentru evaluarea riscului este necesară, în primul rând, cunoașterea proprietăților fizico-chimice ale substanței transportate, precum și transformările care pot avea loc în cazul modificărilor unor parametri cum ar fi temperatura, contactul cu aerul sau apa, șocul mecanic etc. În al doilea rând, trebuie cunoscute efectele directe ale contaminării, indiferent pe ce cale, a organismului uman, precum și cele de durată, ca urmare a răspândirii substanței periculoase în sol, apă sau aer.

Tratatele internaționale și ONU au introdus o taxonomie relativ simplă, de clasificare în categorii generice de substanțe periculoase. În ceea ce privește interacțiunea substanță – om există încă mari lacune de cunoaștere.

Indiferent de volumul de cunoștințe în domeniu, aprecierea riscului este o sarcină limitată la nivel național. Nu există proceduri internaționale agreate de comunități mai largi, cum ar fi Uniunea Europeană, care să impună un anumit tip de algoritm.

În lucrare se propune o grilă originală, care are în vedere incidentele din traficul rutier și efectele lor potențiale atât asupra oamenilor, cât și asupra mediului. Fișa de evaluare propusă conține șase criterii, pentru care se acordă un punctaj cuprins între [0...5]. Funcție de scorul total, rezultă unul dintre cele șase niveluri de risc definite (risc foarte mic, mic, moderat, înalt și foarte înalt).

Spre exemplificare, grila este completată pentru substanța „amoniac”, care în prealabil, este descrisă din punct de vedere chimic și al elementelor cunoscute în ceea ce privește efectele nocive asupra vieții. Completarea grilei conduce la concluzia că amoniacul este o substanță periculoasă cu risc înalt.

Ca alternativă, se prezintă un *calculator de risc* utilizat în management, adaptat la situația particulară a substanțelor periculoase. Cele trei variabile independente ale calculatorului (probabilitatea, expunerea și consecințele) sunt asociate cu probabilitatea de apariție a unui accident, expunerea oamenilor la substanța periculoasă, respectiv consecințele accidentului asupra vieții. Pentru același exemplu al amoniacului, rezultă un grad similar de risc (înalt), ceea ce demonstrează că se poate utiliza un calculator general al riscului, cu condiția

atribuirii corecte a valorilor logice, avantajul constând în viteza de obținere a rezultatului.

În partea a doua a capitolului sunt discutate elemente de modelare matematică a riscului. Această activitate de cercetare, cu caracter matematic – ingineresc are o istorie scurtă, care se măsoară în mai puțin de două decenii și își are originile în țări ca Australia și Canada. Sunt prezentate și discutate șase legi de modelare matematică a riscului în transportul mărfurilor periculoase. Acestea apelează, în general probabilitatea unui accident pe un tronson al unei rute și consecințele acestuia. În ceea ce privește țara noastră, se subliniază faptul că singurele statistici referitoare la accidentele rutiere și dinamica lor sunt realizate de către Poliția Română și nu diferențiază sub niciun aspect accidentele rutiere în care sunt implicate autovehicule încărcate cu mărfuri periculoase.

În teză se propune un prim model matematic de evaluare a riscului în cazul transportului de mărfuri periculoase. Modelul are la bază următoarele ipoteze:

- ❑ ruta de transport este constituită din mai multe tronsoane cu potențial de incidente diferit
- ❑ pe un tronson dat, media accidentelor pe kilometrul parcurs este constantă
- ❑ deși traficul este foarte aglomerat, accidentele sau incidentele sunt, din punct de vedere al statisticii, niște evenimente rare
- ❑ riscul asociat parcurgerii unei rute rezultă prin însumarea riscurilor înregistrate pe tronsoanele componente.

În aceste condiții se propune acceptarea unui model bazat pe distribuția exponențială, cunoscută fiind ca descriptor al evenimentelor rare. Este prezentat și un exemplu numeric de ilustrare a utilizării practice a modelului.

În capitolul al patrulea al tezei, *Optimizarea managementului transportului de mărfuri periculoase*, este abordată problema managementului transportului de mărfuri periculoase.

În faza inițială se analizează problema clasică de transport și derivatele acesteia, care vizează optimizarea rutelor operatorilor de transport, în condițiile unui cost unitar acceptat și în ipoteza existenței unei cantități de marfă care acoperă cererea unui număr mare de destinatari de la un număr, de asemenea, mare de furnizori. Astfel, problema clasică de transport are subînscrisă, de fapt, o problemă de distribuție eficientă de la furnizori multipli către consumatori multipli. Este prezentat modelul matematic complet al rezolvării problemei de transport echilibrat, care presupune că volumul disponibil de mărfuri la furnizor acoperă integral cererea la consumatori. Din punct de vedere matematic, modelul se reduce la rezolvarea unui sistem de ecuații liniare.

Analizând această problemă clasică de transport și modelul matematic simplu asociat, se constată inadecvări multiple din punctul de vedere al transportului de mărfuri periculoase. Tratarea acestora necesită o abordare specială, având în vedere elementele de risc care intervin în acest tip de transport. Sub aspect matematic, există mai multe condiții care ar trebui să fie cuprinse în model, iar din punct de vedere economic costul pe unitatea de rută sau condiția de întoarcere a autovehiculului încărcat nu reprezintă cerințe de prim rang. Transportul mărfurilor periculoase trebuie să fie în primul rând cât mai sigur, iar în cazul apariției unui incident sau accident rutier, contaminarea populației și a mediului, precum și pagubele materiale trebuie să fie cât mai reduse.

S-a concluzionat că transportul mărfurilor periculoase nu poate fi tratat ca un caz particular al problemei clasice de transport, ci prin formularea unei probleme manageriale de tip decizional complex, analitic și multicriterial.



Dintre metodele de modelare matematică a problemelor de decizie multicriterială, și anume metoda utilităților, metoda rangurilor, metoda punctajelor și grupul de metode Electre s-a optat pentru cel din urmă, primele metode enumerate fiind considerate de slabă capacitate în discernământul dintre alternative.

Este descrisă complet din punct de vedere matematic metoda Electre III. Aceasta are ca scop ierarhizarea unui set de alternative, care sunt caracterizate printr-un grup de criterii numerice, cărora li se atribuie și un coeficient de pondere în funcție de importanța care li se acordă în problemă.

Din punct de vedere matematic, metoda discerne alternativele prin trei tipuri de relații (de preferință, de slabă preferință și de indiferență), care permit, în final ierarhizarea alternativelor. Relațiile de ierarhizare se stabilesc urmărind logica relațiilor de ordine dintre criteriile ponderate asociate fiecărei alternative.

În paragraful al doilea al capitoului este prezentată o aplicație originală ilustrativă pentru transportul de mărfuri periculoase, prin modul de transport rutier.

Capitolul al cincilea al tezei de doctorat, *Soluții pentru creșterea siguranței în transportul mărfurilor periculoase*, prezintă în prima parte o sinteză a caracteristicilor constructiv-funcționale ale sistemelor de transport al mărfurilor periculoase, așa cum sunt impuse prin legislație.

Rezultă că elementele cu caracter general trebuie suplimentate cu sisteme specifice fiecărui tip de substanță (eventual cu generalizare pe clase), sisteme care nu sunt incluse în modelul standard al autovehiculelor, cu excepția cisternelor dedicate unui anumit tip de transport.

În teză se propun două soluții constructive, proiectate pentru funcționarea într-un sistem automat de monitorizare continuă a parametrului sau parametrilor care definesc pericolul și pentru intervenția imediată și rapidă în cazul unui incident, concomitent cu apelarea prin sistemul e-Call a unităților de intervenție necesare.

Cele două soluții au fost brevetate sub titlul Sistem mecanic automatizat pentru stingerea incendiilor și pentru sesizarea/neutralizarea acumulării de substanțe periculoase.

Principial, cele două soluții se bazează pe informația furnizată de un senzor de temperatură, fum sau natura chimică a substanței care a contaminat aerul dintr-un container etanș. Depășirea limitei impuse pentru parametrul considerat ca responsabil în declanșarea unor procese periculoase (incendiu, explozie, scurgeri cu potențial toxic etc.) pune în funcțiune sistemul mecanic de stopare a procesului și sistemul e-Call de solicitare a forțelor de intervenție.

Prima soluție se bazează pe difuzarea volumică a materialului de neutralizare a substanței periculoase sau stingere a focarelor de incendiu prin duze atașate unei conducte principale, fixate pe peretele longitudinal al containerului etanș. Materialul de neutralizare/stingere este stocat într-un rezervor special, inclus într-un sistem hidraulic, prevăzut cu o pompă și conducte secundare de circulație a fluidului. Acoperirea volumică a interiorului containerului este asigurată de un sistem mecanic de oscilație a conductei principale, sistem care conține un motoreductor și limitatori de cursă.

A doua soluție propune un sistem tip cărucior prevăzut cu două duze largi de refulare a materialului activ sub formă de jeturi, care traversează pe lungime containerul, cu ajutorul unui sistem de acționare electrică și a unui sistem de rulare, pe care se rostogolesc rola conducătoare și rolele de sprijin.

Ambele soluții prevăd colectarea materialului de reacție dintre vaporii substanței periculoase și fluidul de neutralizare sau a reziduurilor de ardere

combinate cu materialul de stingere, într-un sistem de grătare neutre chimic, depuse pe podeaua containerului și umplute cu bureți de absorbție a reziduurilor.

Cele două soluții sunt analizate comparativ după criteriile de eficiență tehnică și economică.

În paragraful al treilea se propun câteva măsuri organizatorice și procedurale specifice sistemului de management al transportului de mărfuri.

În ultimul paragraf este dezvoltată propunerea privind creșterea siguranței transportului de mărfuri periculoase prin administrarea unor măsuri educaționale. Sunt detaliate elementele caracteristice programelor Safety Training și Special Safety Training.

Capitolul al șaselea al tezei de doctorat, *Aplicații privind calculul sistemelor de siguranță și logisticii asociate transportului de mărfuri periculoase*, prezintă în prima parte o aplicație numerică privind implementarea sistemului automatizat pentru stingerea incendiilor, pentru cazul particular al amoniacului, ca substanță periculoasă monitorizată.

În paragraful dedicat calculului parametrilor mecanici și hidraulici ai sistemului, este explicată procedura de determinare a debitului de lichid necesar stingerii unui focar de incendiu, pe baza unui algoritm specific.

Odată determinat debitul de lichid de neutralizare, se prezintă calculul numărului de duze de pulverizare, printr-o procedură iterativă, care are drept criteriu de optimizare condiția ca, la încărcarea minimă a containerului ales, conurile de dispersare a lichidului să se intersecteze, astfel încât să fie acoperit integral volumul compartimentului de încărcare.

Este calculată cantitatea totală de lichid de neutralizare necesar, pe baza timpului minim de acțiune, prevăzut de normative pentru cazul analizat. Cunoșcând această cantitate totală se poate dimensiona rezervorul cu substanță chimică activă, în funcție de posibilitățile de amplasare pe fața exterioară a containerului. Sunt determinați și parametrii de curgere ai lichidului, ca procedură de verificare a instalației hidraulice. Pentru asigurarea debitului aferent fiecărei duze și, respectiv, lungimii totale a conductei principale, este desfășurat calculul de alegere a pompei, respectiv de alegere a motorului de acționare a acesteia.

Pentru acoperirea cu lichid de neutralizare a volumului compartimentului și utilizarea rațională a conținutului rezervorului, s-a efectuat un calcul de optimizare a unghiului de oscilație al conductei principale, funcție de gradul de încărcare al compartimentului. Relația liniară între unghi și volum al încărcăturii permite o reglare ușoară a unghiului de către operator, la fiecare cursă.

Aplicația de calcul, pentru care s-au ales date concrete privind substanța periculoasă, unitatea de transport și agentul de neutralizare are un caracter demonstrativ privind viabilitatea soluțiilor constructive propuse.

În partea a doua a capitolului sunt prezentate câteva elemente de logistică asociată transportului de mărfuri periculoase. Sunt dezvoltate caracteristici ale depozitelor, cu referire directă și detaliată la cerințele și optimizarea locației acestora, clasificarea după diverse criterii și posibilitățile de stocare a mărfurilor. Elementele de calcul vizează capacitatea și suprafața utilă a depozitelor cu stive și stelaje, precum și necesarul de mijloace de manipulare și transport intern și combinat.

În capitolul al șaptelea al lucrării, *Concluzii finale și contribuții personale*, sunt punctate principalele realizări teoretice și aplicative din teză și sunt enumerate cele mai importante contribuții personale reprezentând rezultatele efortului de cercetare asumat.

\*\*\*

Teza, cu un vădit caracter interdisciplinar, care reunește prin conexiuni impuse de necesitate, discipline diverse, printre care inginerie mecanică, chimie, legislație, management, proiectare CAD și altele, s-a bucurat de sprijinul substanțial, competent și permanent al conducătorului științific, dl prof. univ. dr. ing. Ioan Nicoară, căruia, pe această cale, îi transmit o profundă grațitudine.

Odată cu finalizarea tezei de doctorat, doresc să mulțumesc tuturor celor care m-au sprijinit și îndrumat pe întreaga perioadă a ciclului de pregătire și elaborare a tezei de doctorat. În mod special, îi mulțumesc dlui prof. univ. dr. ing. Liviu Sevastian Bocîi, care a fost alături de mine pe tot parcursul stagiului de pregătire și apoi de finalizare a tezei.

Nu în ultimul rând, mulțumesc familiei mele care m-a ajutat, înțeles și încurajat mereu.

## 2. Stadiul actual privind managementul și gestionarea riscului în transportul mărfurilor periculoase

### 2.1 Transportul – definiție și clasificare

*Transportul* este o activitate care a apărut odată cu omul. Caracteristicile fizice ale organismului uman sunt limitative atât în privința distanțelor care puteau fi parcurse pe jos, cât și a cantității de bunuri care puteau fi transportate. Necesitatea depășirii acestor limite a determinat, în timp, apariția unei game variate de căi și mijloace de transport.

Transportul, ca domeniu economico-social care a dobândit o importanță deosebită, reprezintă activitatea prin care se efectuează deplasarea în spațiu a bunurilor și persoanelor în scopul satisfacerii necesităților materiale și spirituale ale societății omenesti.

Transportul a devenit un element indispensabil vieții, întrucât oferă membrilor societății posibilități de deplasare, comunicare, de percepere și asimilare, a cât mai mult din ceea ce oferă civilizația [P1].

Într-o viziune mai completă, activitatea de transport poate fi definită ca totalitatea acțiunilor prin care se organizează și se realizează deplasarea călătorilor și mărfurilor în spațiu și timp [S1].

Având în vedere necesitatea realizării legăturilor dintre producție și consum, transporturile sunt acelea care deplasează bunurile obținute în celelalte ramuri ale producției materiale din locul în care au fost produse la cel în care urmează a fi consumate în cadrul pieței interne și internaționale.

Din punct de vedere istoric, dezvoltarea, diversificarea și modernizarea transporturilor au fost determinate de extinderea și intensificarea producției și a circulației mărfurilor, de adâncirea diviziunii internaționale a muncii și nu în ultimul rând de necesitatea specializării acestora.

În economia modernă, transportul reprezintă un factor dinamizator, ceea ce impune ca transportul rutier de mărfuri să fie optimizat, pentru a răspunde cerințelor de deschidere și dezvoltare durabilă, în concordanță cu concluziile Consiliului European de la Göteborg (Suedia).

Sectorul transporturi poate fi analizat sub aspecte multiple, care, în principal, se referă la *infrastructura de transport, vehicule, gestiunea transporturilor, cadrul legislativ și cadrul juridic*.

*Infrastructura de transport* cuprinde toată rețeaua de transport (străzi, autostrăzi, căi ferate, canale navigabile, culoare de zbor, conducte etc.) și terminalele specifice (aeroporturi, stații feroviare, autogări, autobaze etc).

Vehiculele sau mijloacele de transport pot fi autovehicule, trenuri, vapoare, aeronave, fiecare tip de vehicul fiind caracterizat prin particularități, reflectate sub toate aspectele (proiectare, construcție, diagnoză, exploatare, trafic și management).

Mijloacele de transport se pot clasifica după mai multe criterii, așa cum rezultă din tabelele 2.1 – 2.4.

Tabelul 2.1 Clasificarea mijloacelor de transport după criteriul naturii căii de transport

Natura căilor de transport	Tipuri de vehicule reprezentative
rutieră	camioane, autospeciale, autovehicule
feroviară	trenuri
pe apă	vapoare, cargouri, pacheboturi
aeriană	avioane, elicoptere

Tabelul 2.2 Clasificarea mijloacelor de transport după criteriul propulsiei

Tipul propulsiei	Tipuri de vehicule reprezentative
prin forța furnizată de un motor	autovehicul, locomotivă, avion
prin forța dezvoltată de animale de tracțiune	căruța, sania
prin forța dezvoltată de operatorul uman	bicicleta, barca cu vâsle

Tabelul 2.3 Clasificarea mijloacelor de transport după criteriul destinației

Destinație	Tipuri de vehicule reprezentative
persoane	avioane, trenuri, autocare, autoturisme
mărfuri	trenuri, autocamioane, avioane, vapoare
speciale	mașini de pompieri, macarale, tractoare, elicoptere, nave portavion

Tabelul 2.4 Clasificarea mijloacelor de transport după criteriul distanței

Distanța	Tipuri de vehicule reprezentative
scurtă	autovehicule
lungă	trenuri, autovehicule, nave fluviale sau maritime, avioane
foarte lungă	rachete, navete spațiale

*Gestiunea transporturilor* are ca scop optimizarea sistemelor de transport, creșterea siguranței transporturilor, protejarea mediului etc. și intră sub competența ingineriei transporturilor și ingineriei proiectării rețelelor și sistemelor de transport.

*Cadrul legislativ* de desfășurare a activității de transport este o componentă a pieței transporturilor, el stabilind regulile după care se organizează și se efectuează activitatea de transport. Fiind una dintre cele mai vechi activități de prestări de servicii practicate de omenire, activitatea de transport beneficiază de un cadru legislativ bine pus la punct, prin tradiție legislația internațională fiind extinsă și la transporturile naționale. Activitatea de transport al mărfurilor periculoase este, de asemenea, legiferată de legi europene și naționale.

*Cadrul juridic* stabilește regulile și limitele între care se poate desfășura această activitate pentru a se realiza protecția celui care apelează la serviciul de transport, protecția operatorului de transport, a mediului și a statului, dar în același timp și pentru a se realiza o creștere calitativă a acestui serviciu.

Politica transporturilor în Uniunea Europeană pleacă de la repartitia modală actuală (rutier 44%, aerian 41%, feroviar 8%, fluvial 4%) – fig. 2.1 - care este considerată a fi alarmantă, mai ales pentru că ascunde o tendință de agravare a situației prin sporirea cu 50% a transportului rutier în perioada 1998-2010, în absența măsurilor de reorientare a fluxurilor de mărfuri dinspre rutier spre celelalte moduri de transport, [S2].

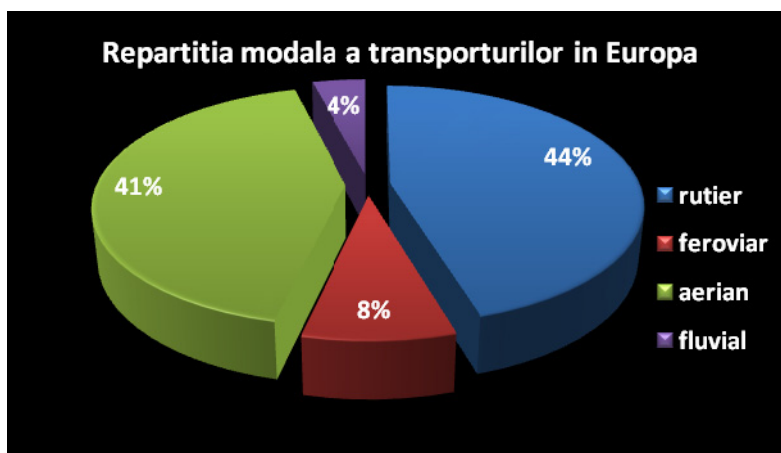


Fig. 2.1 Repartiția modală a transporturilor în Europa (2010)

În contextul de membru al UE al României, existența unei infrastructuri dezvoltate, conectată la rețeaua europeană de transport, ar permite o dezvoltare semnificativă a competitivității economice, și implicit, a creerii premizelor integrării rapide a economiei românești în piața europeană.

Creșterea degradării mediului înconjurător, atât prin efectele produse de activitatea de transport, dar și prin afectarea habitatelor naturale sau disponerea unei rețele infrastructurale nejustificate economic, preluarea relativ lentă a ideilor și tehnologiilor inovatoare, au condus la reducerea oportunităților de a profita de surse alternative de finanțare și noi moduri de transport precum transportul multimodal și combinat. Toate aceste aspecte au favorizat dezechilibrul în dezvoltarea pieței transporturilor din România, în special în ceea ce privește potențialul concurențial al acesteia.

Situația actuală a sistemului național de transport, caracterizată printr-un număr redus de autostrăzi și de conexiuni la nivel de autostradă sau de drumuri rapide, de variante ocolitoare a marilor aglomerații urbane, de parcări pentru autovehicule de transport marfă și de parcări specializate necesare la transportul de mărfuri periculoase, de existența unei infrastructuri navale într-o stare avansată de degradare și a unei rețele feroviare care, în cea mai mare parte, dispune de material rulant uzat fizic și moral face, însă, necesară realizarea unor investiții majore, într-un timp relativ scurt, în infrastructura de transport, care trebuie să atingă un nivel de dezvoltare, care să permită satisfacerea necesităților de mobilitate în condiții optime, astfel încât, să asigure capacitatea, calitatea și siguranța cerute de standardele europene.

În mod imperativ, este necesară o dezvoltare echilibrată a tuturor modurilor de transport, a infrastructurii rutiere, feroviare, maritime și aeriene, precum și a calității serviciilor, în principal, la transportul mărfurilor periculoase.

Conform datelor INS (Institutul național de statistică), [W1], din martie 2011, în T2.10 (T-trimestru), cantitatea de mărfuri transportată pe toate căile de transport a crescut față de T1.10 (efect sezonier) însă a scăzut semnificativ față de T2.09 – fig. 2.2. Transportul rutier a scăzut aproape la jumătate (46 mil. tone în T2.10 versus 89 mil. tone în T2.09), în timp ce transportul pe calea ferată a crescut cu 11%, iar cel maritim cu 9%.

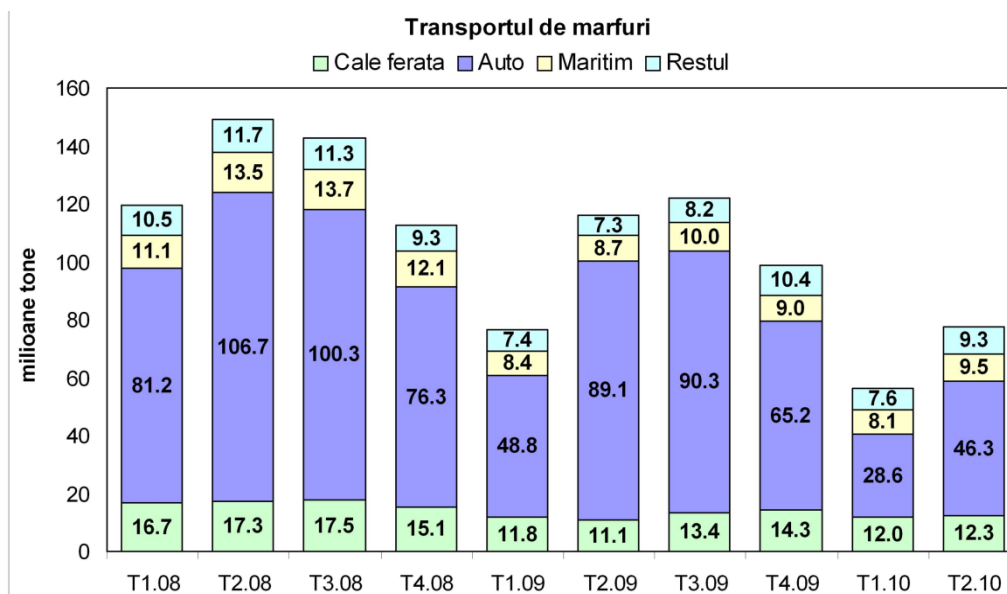


Fig. 2.2 Evoluția modală a transporturilor în România (2008 – 2010)

Cantitatea de marfă transportată este foarte importantă pentru că arată intensitatea activității economice (economistul și omul de afaceri Warren Buffet consideră că evoluția cantității de marfă transportată pe calea ferată este cel mai bun indicator economic).

## 2.2. Mărfurile periculoase și transportul acestora

### 2.2.1. Definirea și clasificarea mărfurilor periculoase

În sens larg, prin mărfuri periculoase se înțeleg acele substanțe care datorită naturii lor fizico-chimice pot produce daune persoanelor, lucrărilor, mediului înconjurător etc.

Utilizarea pe scară largă a substanțelor chimice a rezultat din necesitatea rezolvării unor probleme ale umanității, dar fără a cunoaște consecințele sau prețul care trebuie plătit ulterior pentru folosirea necorespunzătoare a acestora.

Datorită progreselor în domeniul chimiei se produc tot mai multe substanțe sintetice, care se regăsesc în numeroase produse de consum zilnic sau în mediul ambiental. Există, însă, un deficit de cunoaștere în ceea ce privește daunele asupra mediului înconjurător și sănătății populației, pe care aceste substanțe le pot produce.

Sursa îngrijorării o constituie și caracterul incomplet al cunoștințelor și comunicării în acest sens. Politica Uniunii Europene în acest domeniu trebuie să asigure un înalt nivel de protecție a sănătății umane și a mediului, atât pentru generația existentă cât și pentru cele viitoare, concomitent cu funcționarea eficientă a pieții interne și competitivitatea industriei chimice. Pentru atingerea acestor obiective, principiul precauției este fundamental și poate fi aplicat prin cunoașterea de către persoanele implicate în procesele de producție, manipulare și transport al

mărfurilor periculoase a caracteristicilor și pericolelor pe care le comportă aceste substanțe și obiecte.

Astfel de riscuri care generează dezastre se întâlnesc, de regulă, la societățile comerciale care produc, depozitează sau transportă substanțe periculoase pe căile de comunicații (rutiere, feroviare, maritime, aeriene). Cele mai vizate dintre acestea sunt combinatele petrochimice Pitești, Brazi, Teleajen, Onești, Midia, Timișoara, combinatele chimice Govora, Borzești, Săvinești, Azomureș, Slobozia, Turnu Măgurele, Ocna Mureș, fabricile de medicamente București, Iași, Cluj, combinatele siderurgice Galați, Hunedoara, Reșița, Călărași, precum și societățile comerciale cu producție de apărare Făgăraș, Zărnești, Cugir, Sadu, Plopeni, Moreni și altele. Astfel de surse de risc au produs în România, în ultimii zece ani, multe pierderi de vieți omenești și distrugerii materiale importante. Dintre acestea, se pot aminti explozia din anul 1989 de la Combinatul Petrochimic Teleajen, explozia de la Fabrica de Piroliză a Combinatului Chimic Făgăraș din 1990, explozia de la Fabrica de Apă Grea din Drobeta Turnu-Severin din 1996, explozia de la Fabrica de bauxită din Zlatna din anul 1998 și altele.

În România se pot produce oricând accidente de tipul celui de la Mihăilești, din data de 24.05.2004, când un camion care transporta 23 tone de azotat de amoniu de la Combinatul Chimic Doljchim către Societatea Agricolă BEEARSEN din Piatra Neamț s-a răsturnat, iar combinația azotat de amoniu-motorină-temperatură ridicată a condus la o explozie soldată cu victime umane, distrugerii de bunuri materiale și răniți. Temperatura critică la care explodează azotatul de amoniu depinde de substanțele organice (resturi de prelată, hârtie, bucăți de lemn, resturi din sol, motorină etc.) cu care se amestecă în timpul incendiului. Potrivit cercetărilor, există un punct critic atunci când temperatura ajunge la 200-220°C. La mai mult de 300°C, riscul de explozie este iminent, iar la 400°C, explozia este sigură. Fiind împrăștiat pe sol, este imposibil ca azotatul să nu se fi amestecat cu vreo substanță organică.

Îngrășămintele pe bază de azotat de amoniu se fabrică în România în șase locuri, iar incidentele pot apărea oricând din cauza:

- deficitului de cunoștințe al personalului implicat în expedierea și transportul privind mărfurile periculoase (expeditorul/destinatarul de mărfuri periculoase, transportatorul de mărfuri periculoase, încărcătorul sau descărcătorul, ambalatorul, operatorul de cisterne sau containere, personalul din cadrul Inspectoratului General pentru Situații de Urgență, serviciul specializat din cadrul poliției și jandarmeriei, personalul altor servicii de urgență care pot sosi primii la locul incidentului/accidentului care implică mărfuri periculoase)
- lipsei de comunicare privind impactul multor compuși chimici asupra sănătății umane și mediului înconjurător dintre autorități și firmele care expediază mărfuri periculoase. În foarte multe cazuri (inclusiv cazul Mihăilești) expeditorii/destinatarii de mărfuri periculoase au subestimat consecințele unui incident, ceea ce s-a dovedit a fi foarte periculos.

Referitor la acest caz din anul 2004, Combinatul Chimic Doljchim și celelalte firme specializate din România nu considerau azotatul de amoniu o substanță periculoasă (în anumite condiții), ceea ce a condus la catastrofa de la Mihăilești. Nitratul de amoniu sau „salpetrul de amoniu” este o sare care se formează din amoniac și acid azotic. Azotatul de amoniu ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) se obține prin reacția de neutralizare a acidului azotic cu amoniacul. Nitratul de amoniu face parte din categoria îngrășămintelor naturale azotate și este parte componentă a unor

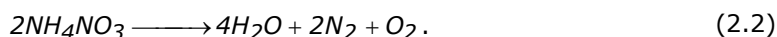


explozivi ca ANFO (sau ANDEX care este un amestec de nitrat de amoniu și un ulei mineral), nitrat de glicerină, nitroglicol, dinitrotoluen, TNT, pentrit, hexogen etc.

La încălzire până la 300°C nitratul de amoniu se descompune în apă și oxid de azot:



La încălzire mai intensă ( $t > 300^\circ\text{C}$ ) are loc reacția de descompunere:



Ambii atomi de azot atingând pragul de oxidare, explică puterea exploziei prin transformarea rapidă a nitratului de amoniu din starea de agregare solidă direct în cea gazoasă (azot, oxigen și vapori de apă). Nitratul de amoniu întreține arderea, iar la supraîncălzire poate exploda, acesta fiind motivul pentru care este folosit ca îngrășământ numai sub formă de amestec cu alte substanțe.

Prezentarea de mai sus, cu detalii referitoare la accidentul de la Mihăilești a avut rolul de a ilustra caracterul grav până la catastrofic al consecințelor operării impropriei cu astfel de substanțe, numite periculoase. Ca urmare, este perfect justificat interesul pentru cunoașterea lor și stabilirea unor proceduri clare de securitate. Această problemă este recunoscută și tratată cu seriozitate pe întreg mapamondul.

Astfel, conform ADR - *Acordul European privind transportul rutier internațional de mărfuri periculoase* [A1], mărfurile periculoase sunt substanțele și obiectele al căror transport este interzis sau autorizat numai în condiții bine precizate de ADR. În anexa A a ADR sunt indicate mărfurile periculoase care sunt excluse din transportul rutier intern și mărfurile periculoase care sunt admise în anumite condiții.

Unele produse farmaceutice sub formă finită, cum ar fi cosmeticele, unele chimicale și medicamentele, care sunt fabricate și introduse în ambalaje destinate vânzării en detail sau distribuției pentru uz personal sau casnic nu se supun prevederilor ADR.

Substanțele periculoase pot fi pure, sub formă de soluții și amestecuri sau deșeuri periculoase.

O clasificare a substanțelor periculoase se poate realiza pe baza proprietăților intrinseci, care sunt determinate de natura materiei constitutive (structură, masă specifică, compoziție chimică etc.). Funcție de caracteristicile fizico-chimice o clasificare reglementată de legislația actuală este următoarea:

a) *substanțe și preparate explozive* (substanțele și preparatele solide, lichide, păstoase sau gelatinoase, care pot să reacționeze exoterm în absența oxigenului din atmosferă, producând emisii de gaze, și care, în condiții de probă determinate, detonează, produc o deflagrație rapidă sau sub efectul căldurii explodează când sunt parțial închise)

b) *substanțe și preparate oxidante* (substanțele și preparatele care în contact cu alte substanțe, în special cu cele inflamabile, prezintă o reacție puternic exotermă)

c) *substanțe și preparate extrem de inflamabile* (substanțele și preparatele chimice lichide cu un punct de aprindere foarte scăzut și cu un punct de fierbere scăzut, precum și substanțele și preparatele gazoase care sunt inflamabile în contact cu aerul, la temperatura și la presiunea mediului ambiant)

d) *substanțe și preparate inflamabile* (substanțe și preparate lichide cu un punct de aprindere scăzut)

e) *substanțe și preparate foarte toxice* (substanțe și preparate care prin inhalare, ingestie sau penetrare cutanată în cantități foarte mici pot cauza moartea sau afecțiuni cronice ori acute ale sănătății)

f) *substanțe și preparate toxice* (substanțe și preparate care prin inhalare, ingestie sau penetrare cutanată în cantități reduse pot cauza moartea sau afecțiuni cronice ori acute ale sănătății)

g) *substanțe și preparate nocive* (substanțe și preparate care prin inhalare, ingestie sau penetrare cutanată pot cauza moartea sau afecțiuni cronice ori acute ale sănătății)

h) *substanțe și preparate corozive* (substanțe și preparate care în contact cu țesuturile vii exercită o acțiune distructivă asupra acestora din urmă)

i) *substanțe și preparate iritante* (substanțe și preparate necorozive care prin contact imediat, prelungit sau repetat cu pielea ori cu mucoasele pot cauza o reacție inflamatorie)

j) *substanțe și preparate sensibilizante* (substanțe și preparate care prin inhalare sau penetrare cutanată pot da naștere unei reacții de hipersensibilizare, iar în cazul expunerii prelungite produc efecte nefaste caracteristice)

k) *substanțe și preparate cancerigene* (substanțe și preparate care prin inhalare, ingestie sau penetrare cutanată pot determina apariția afecțiunilor cancerigene ori pot crește incidența acestora)

l) *substanțe și preparate mutagenice* (substanțe și preparate care prin inhalare, ingestie sau penetrare cutanată pot cauza anomalii genetice ereditare sau pot crește frecvența acestora)

m) *substanțe și preparate toxice pentru reproducere* (substanțe și preparate care prin inhalare, ingestie sau penetrare cutanată pot produce ori pot crește frecvența efectelor nocive nonereditare în progenitură sau pot dăuna funcțiilor ori capacităților reproductive masculine sau feminine)

n) *substanțe și preparate periculoase pentru mediul înconjurător* (substanțe și preparate care, introduse în mediul înconjurător, ar putea prezenta sau prezintă un risc imediat ori întârziat pentru unul sau mai multe componente ale mediului înconjurător).

Anexa A a ADR enumeră toate substanțele periculoase care pot face obiectul unui transport internațional și stabilește regulile referitoare la ambalarea, etichetarea și descrierea mărfurilor în documentele de transport. Regulile care sunt prezentate în anexa A a Acordului trebuie aplicate de către expeditorul de mărfuri.

Anexa B a ADR stabilește regulile privind construcția vehiculelor, modul în care acestea vor fi echipate și parametrii de exploatare ai vehiculului care transportă substanțele în cauză. Regulile care sunt prezentate în anexa B a Acordului trebuie aplicate de către transportator.

În cazul soluțiilor și amestecurilor conținând două sau mai multe componente, acestea pot fi substanțe ale ADR sau substanțe care nu sunt supuse prescripțiilor Acordului. Soluțiile și amestecurile în care un singur component este supus ADR sunt considerate ca substanțe ale ADR în cazul în care concentrația acestui component este de așa manieră încât aceste soluții și amestecuri prezintă un pericol inerent. Uneori substanța se regăsește la o rubrică colectivă de produse având proprietăți similare între ele [B1].

În anexa A din acordul ADR sunt indicate aproximativ 4230 de substanțe considerate mărfuri periculoase dintre care unele sunt excluse din transportul rutier iar altele sunt admise în anumite condiții speciale.

Anumite substanțe se admit la transport numai dacă sunt stabilizate (prin stabilizare se înțelege crearea și asigurarea unor condiții optime de temperatură și

presiune pentru menținerea proprietăților fizico-chimice ale substanțelor), iar alte substanțe sunt excluse de la transportul rutier. Uneori substanța se regăsește la o rubrică colectivă de produse având proprietăți similare între ele.




În funcție de proprietățile fizico-chimice și pericolul principal, substanțele periculoase se împart în 13 clase. Mărfurile periculoase au fost clasificate după mărimea riscului în grupe de ambalare, cu excepția substanțelor din clasele 1, 2, 6.2 și 7.







În scopul ambalării, anumite substanțe pot fi atribuite unor grupe de ambalare conform gradului de pericol pe care ele îl prezintă. Astfel, există trei grupe de ambalare:



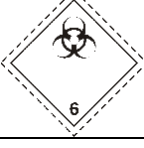

- Grupa I de ambalare – Substanțe foarte periculoase
- Grupa II de ambalare – Substanțe mediu periculoase
- Grupa III de ambalare – Substanțe puțin periculoase.




Din punctul de vedere al gradului de pericolozitate, Comitetul de Experți ONU în Transportul Mărfurilor Periculoase a clasificat mărfurile în 13 clase, fiecare dintre acestea implicând condiții speciale de etichetare și marcare, sintetizate în tabelul 2.5 [B1].

Tabelul 2.5 Clasele de substanțe periculoase

Denumirea substanței	Eticheta	Observații
Clasa 1 - substanțe și obiecte explozive		Sunt exceptate substanțele care pot forma o atmosferă explozivă prin gaze, vapori sau praf, dispozitivele conținând substanțe explozive care posedă un asemenea caracter încât aprinderea din neglijență, accidentală sau prin inițierea pe timpul transportului au influență externă prin foc, fum, căldură sau proiecție (împrăștierea de fragmente), articolele fabricate cu scopul de a produce un efect practic exploziv sau pirotehnic (bombe incendiare, aruncătoare de flăcări)
Clasa 2 - gaze		Cuprinde gazele dizolvate sub presiune într-un solvent, gazele puternic refrigerate, gazele comprimate, lichefiate și obiectele care conțin gaze. În funcție de proprietățile și de efectele lor, care pot varia foarte mult, gazele pot fi explozive, inflamabile, otrăvitoare, corozive sau oxidante sau pot prezenta simultan două sau mai multe dintre aceste proprietăți. Aici sunt incluse și buteliile de gaze, ca tip particular de ambalaj, care devin extrem de periculoase în cazul incendiilor, când presiunea creată conduce la explodarea lor. De asemenea, în cadrul acestei clase sunt incluse și unele substanțe care, datorită structurii și compoziției lor chimice, pe parcursul transportului în anumite condiții pot polimeriza, conducând la eliberare de căldură sau emanație de gaze și implicit la creșterea presiunii în recipiente.
Clasa 3 - lichide inflamabile		În această clasă sunt incluse lichidele și amestecurile de lichide care conțin solide în suspensie sau în soluții și prezintă riscul de inflamare. Principalul risc asociat transportului unor asemenea mărfuri este acela de emanație a unor vapori inflamabili (cei mai mulți fiind și toxici) și este întâlnit în mod special în cazul substanțelor cu o temperatură scăzută de aprindere și care sunt volatile. Acești vapori pot realiza cu aerul

		amestecuri inflamabile, provocând astfel explozii sau se pot aprinde cu ușurință în cazul unei surse de foc.
Clasa 4.1 - solide inflamabile, explozive desensibilizate, substanțe autoreactive		Sunt mărfurile solide predispuse la inflamare și care trebuie ținute departe de orice sursă de aprindere. Unele dintre acestea pot exploda dacă nu sunt ținute în condiții de saturare cu apă sau alte lichide. În această clasă sunt cuprinse toate substanțele care se pot aprinde sau pot contribui la apariția unui incendiu în condițiile transportului. Ele se pot aprinde ușor de la surse externe cum ar fi flama, scânteile sau flăcările. Unele dintre aceste substanțe se transportă în condiții de temperatură controlată, autovehiculele fiind dotate cu instalații de menținere și producere de temperaturi joase.
Clasa 4.2 - substanțe solide sau lichide inflamabile susceptibile de combustie spontană		Un loc special prin pericolul pe care îl prezintă este deținut de substanțele care se aprind în contact cu aerul. Substanțele aparținând acestei clase reacționează spontan cu alte substanțe incluzând aerul cu care intră în contact.
Clasa 4.3 - substanțe care în contact cu apa emană gaze inflamabile		Toate mărfurile care se încadrează în această clasă trebuie menținute perfect uscate și ferite de orice sursă de umiditate. Se pot încălzi și aprinde spontan sau pot emana gaze inflamabile atunci când intră în contact cu o atmosferă umedă sau cu apa (cazul carbidului).
Clasa 5.1 - substanțe comburante		Substanțele cuprinse în această clasă nu sunt în sine combustibile, dar posedă proprietatea de a face ca materialele combustibile să ardă mult mai ușor și să elibereze oxigen în cazul unui incendiu, crescându-i astfel intensitatea. Unele amestecuri dintre aceste substanțe și materiale combustibile ard cu ușurință, câteodată doar la un simplu impact sau prin frecare. Mărfurile din această clasă care nu prezintă ambalajele intacte sunt refuzate la transport și nu se admite amplasarea lor în vecinătatea materialelor combustibile, iar spațiul din mijlocul de transport sau cel de depozitare trebuie curățat în mod corespunzător. Este interzisă utilizarea lemnului sau rumegușului pentru acoperirea produsului.
Clasa 5.2 - peroxizi organici		Aceste substanțe, considerate a fi cele mai instabile, sunt atât oxidante cât și inflamabile, se descompun în prezența căldurii și ard cu ușurință, provocând câteodată explozii. Pot fi: substanțe necombustibile în sine, dar care prin descompunere produc oxigen, contribuind astfel la creșterea intensității incendiului, substanțe instabile, pasibile de descompunere

		<p>exotermică autoaccelerată. Unele dintre aceste substanțe se transportă în condiții de temperatură controlată.</p> <p>Peroxizii organici trebuie amplasați cât mai departe de alte încărcături periculoase, unele dintre aceste substanțe emanând în mod natural oxigen și fiind, de obicei, ambalate în recipiente prevăzuți cu mijloace de ventilație.</p> <p>Peroxizii organici, care au un grad ridicat de inflamabilitate, au posibilitatea de a forma amestecuri explozive care pot detona la o ciocnire. Periculozitatea acestor substanțe derivă din faptul că pot conduce la emanare de gaze foarte toxice în cazul unor reacții cu acizii concentrați sau în cazul unor incendii. Manipularea și depozitarea acestora trebuie realizate numai în poziția corectă, cu mijloacele de ventilație libere și niciodată prin rostogolire, multe dintre aceste mărfuri necesitând totodată și condiții de temperatură controlată. Ele posedă una sau mai multe dintre următoarele proprietăți: disponibilitate la impact, la fricțiune și la reacție cu alte substanțe.</p>
Clasa 6.1 - substanțe toxice		<p>Aceste substanțe sunt cele susceptibile să provoace moartea sau să afecteze foarte grav sănătatea utilizatorilor sau manipulatorilor dacă sunt înghițite, inhalate sau la contactul direct cu pielea, motive pentru care necesită condiții speciale de manipulare, ținând cont de efectele toxice pe care le prezintă. Datorită faptului că substanțele din clasa 6 pot provoca otrăviri prin absorbție cutanată sau inhalare ori ingerare sau arsuri, în caz de incendiu trebuie folosite mijloace de protecție adecvate. În fiecare caz trebuie avertizate autoritățile informându-le asupra gradului de toxicitate a materialelor dispersate. Dacă substanța transportată poate provoca infecții, trebuie delimitată zona și avertizată autoritatea sanitară.</p>
Clasa 6.2 - substanțe infecțioase		<p>Aceste substanțe sunt cele susceptibile să provoace și să afecteze foarte grav sănătatea utilizatorilor sau manipulatorilor prin infectarea acestora, motiv pentru care necesită condiții speciale de manipulare.</p>
Clasa 7 - substanțe radioactive		<p>În această clasă sunt incluse toate substanțele capabile să emită radiații (alfa, beta, gamma) a căror activitate specifică este mai mare de 0.002 <math>\mu\text{Ci/g}</math> (Ci – Curie). Condițiile de manipulare și de transport variază foarte mult în cadrul substanțelor incluse în această categorie. Pentru ambalarea acestora sunt prevăzute condiții foarte stricte, prescrise prin standarde internaționale.</p> <p>În cazul transportului unor asemenea substanțe trebuie acordată o atenție maximă documentației însoțitoare și reglementărilor naționale ale diferitelor țări tranzitate sau ale porturilor de escală sau de destinație.</p>

		
Clasa 8 - substanțe corozive		Substanțele solide sau lichide incluse în această clasă posedă în starea lor naturală proprietatea de a afecta, mai mult sau mai puțin, un țesut viu, de a afecta într-o măsură mai mică sau mai mare anumite materiale, cum ar fi metalele și materialele textile, iar eliberarea lor din ambalaje poate afecta chiar și echipamentele sau mijloacele de transport. Multe dintre aceste substanțe sunt suficient de volatile, emanând vapori care provoacă iritații ale căilor respiratorii și ale ochilor, iar altele, mai puține la număr, pot produce, prin descompunere la temperaturi înalte, gaze toxice. Garniturile trebuie periodic controlate și înlocuite, oricare ar fi produsul transportat, în recipiente sau cisterne, existând și pericolul de incendiu cauzat de hidrogenul care se degajă ca urmare a coroziunii metalului.
Clasa 9 - substanțe și obiecte periculoase diverse		Conține substanțe care nu au putut fi incluse în clasele de mai sus, care prezintă riscuri particulare ce nu au putut fi acoperite prin regulamentele celorlalte clase de mărfuri sau care prezintă un risc relativ scăzut la transport. Aceasta nu semnifică însă faptul că mărfurile incluse în această clasă sunt mai puțin periculoase. De regulă, sunt transportate în ambalaje, ceea ce nu exclude transportul în cisterne sau containere-cisternă. Riscul major constă în inhalarea pulberilor (talc sau amiant pentru care este indispensabilă folosirea mijloacelor de protecție potrivite) pentru a se evita contactul cu aceste substanțe [B16].

Conform recomandărilor ONU, identificarea substanțelor periculoase și pericolelor se face prin folosirea a două numere, și anume *numărul de identificare al substanței periculoase* (numărul ONU) și *numărul de identificare al pericolului* (numărul de pericol).

Numărul ONU este format din 4 cifre care permit identificarea imediată a substanței transportate și în consecință a naturii pericolului pe care îl prezintă. În anexa B a acordului ADR se găsesc substanțele periculoase, iar cele mai cunoscute au atribuit un număr ONU care este valabil în țările care au aderat la ADR, fiind valabil pentru toate modurile de transport (rutier, feroviar, maritim și aerian). Astfel, numărul ONU este >1000-pentru clasele 2,3,4,5,6,7,8,9 și <1000-pentru clasa 1.

Numărul de pericol se compune din două sau trei cifre. În general, cifrele indică pericole descrise în tabelul 2.6.

Prin pericol de reacție violentă spontană se înțelege posibilitatea unui pericol de explozie, de dezagregare sau a unei reacții de polimerizare urmate de o degajare considerabilă de căldură sau de gaze inflamabile și/sau toxice.

Dublarea unei cifre indică o intensificare a pericolului aferent. Atunci când o substanță nu prezintă un pericol secundar aceasta se va reprezenta prin cifra 0.

Tabelul 2.6 Semnificația numerelor de pericol

Cifra	Pericolul
2	emanația de gaze care rezultă datorită unor presiuni sau reacții chimice
3	inflamabilitatea substanțelor lichide (vapori) și gazelor sau substanțelor lichide care se autoîncălzesc
4	inflamabilitatea substanțelor solide sau a unei substanțe solide care se autoîncălzesc
5	comburația (favorizează incendiul)
6	toxicitatea sau pericolul de infecție
7	radioactivitatea
8	corozivitatea
9	pericolul de reacție violentă spontană

Prima cifră de identificare a pericolului se bazează pe modul de participare a substanței periculoase în clase și se referă la pericolul principal pe care îl prezintă substanța.

Următoarele cifre ale numărului de identificare se referă la pericolele secundare. Dublarea unei cifre indică intensitatea pericolului principal sau secundar aferent, iar în cazul în care această cifră este 0 aceasta semnifică că nu există un pericol secundar.

Tabel 2.7 Interpretarea numerelor de pericol

Număr de pericol	Interpretare
263	gaz toxic, inflamabil
268	gaz toxic, coroziv
336	substanță lichidă foarte inflamabilă și toxică
X338	substanță lichidă foarte inflamabilă și corozivă care reacționează periculos cu apa
33	substanță lichidă foarte inflamabilă (punct de inflamabilitate sub 21°C)

Dacă numărul de identificare a pericolului este precedat de litera X acesta indică că substanța respectivă reacționează periculos cu apa. Pentru astfel de substanțe apa poate fi utilizată numai cu aprobarea experților. Interpretarea numerelor de pericol este explicitată în tabelul 2.7.

Având în vedere importanța substanțelor periculoase, prin riscul pe care îl presupune transportul acestora, în majoritatea țărilor lumii civilizate există legi și normative, care definesc, clasifică și prescriu prevederi speciale privind manipularea, depozitarea și transportul acestui tip de substanțe.

### 2.2.2. Particularități ale transportului de mărfuri periculoase

În întreaga viață social-economică, circa (22-28)% din întreaga energie este angajată în activitatea de transport, ceea ce reliefează amploarea procesului de transport, iar specializarea a circa (10-15)mii de societăți comerciale, care au ca obiect de activitate transporturile rutiere de mărfuri periculoase, atât în domeniul transporturilor naționale cât și internaționale, a dus la creșterea interesului pentru acest tip de transport.

Transportul de mărfuri periculoase s-a desprins ca o ramură specializată a transportului de mărfuri. Așa cum rezultă din paragrafele anterioare, se desfășoară, din punct de vedere modal, pe toate căile. Astfel, sunt de interes toate tipurile de transport (feroviar, rutier, aerian, fluvial, maritim).

Acestea pot fi comparate după mai multe criterii, dintre care cele mai importante sunt poluarea, rapiditatea, rentabilitatea și siguranța.

*Poluarea.* Transporturile în cadrul cărora o influență consistentă o au motoarele cu ardere internă au făcut pași importanți în privința emisiilor de noxe prin promovarea utilizării de vehicule mai ecologice. UE a introdus reglementări obligatorii cu privire la emisiile de materii poluante, oxizi de azot și hidrocarburi eliminate de vehiculele alimentate cu benzina sau motorină prin Directivele *Euro*. În vederea suplimentării acestor măsuri, la nivel european a dobândit o mare importanță cercetarea în transporturi mai ecologice și mai sigure, prin Programele Cadru de Cercetare și reechilibrare a împărțirii modale a transportului către moduri sustenabile de transport.

*Rapiditatea.* În transportul de mărfuri periculoase, rapiditatea este un element cheie deoarece timpul petrecut în cursă trebuie să fie cât mai scurt pentru a se diminua potențialele pericole date de prezența acestor mărfuri periculoase în trafic.

*Rentabilitatea.* Acest parametru este legat de costurile de transport și este un indice al eficienței economice a unei întreprinderi. Costul transportului determină folosirea unui mod de transport față de altul de către agenții economici.

*Siguranța.* Criteriul siguranței este primordial în transportul mărfurilor periculoase și este utilizat în scopul optimizării managementului sistemelor de transport.

În continuare, vor fi caracterizate, pe scurt, cele patru moduri de transport existente.

*Transportul feroviar* efectuează deplasarea în spațiu a mărfurilor periculoase cu ajutorul mijloacelor de tracțiune (locomotivele) și a mijloacelor tractate (vagoanele) care circulă pe trasee fixe, stabilite în rețeaua căilor ferate.

Transportul feroviar se caracterizează prin:

- ❑ regularitatea efectuării circulației în toate anotimpurile, ziua și noaptea, aproape independent de vreme
- ❑ capacitate mare de transport în raport cu cele auto și aeriene
- ❑ cost mai ridicat în comparație cu cel fluvial, maritim și, de regulă, mai mic față de cel auto și aerian. Transportul pe calea ferată necesită investiții mari comparativ cu cel rutier (investițiile pentru construcția unei căi ferate sunt de 3 ori mai mari decât cele pentru construcția unei șosele). De asemenea, și investițiile necesare pentru achiziționarea materialului rulant, precum și costul întreținerii mijloacelor de transport feroviar și al liniilor sunt ridicate, situându-se la un nivel superior în comparație cu cel auto sau naval.

Transportul feroviar este unul dintre cele mai utilizate moduri de transport, ocupând în traficul mondial locul II din punctul de vedere al volumului de mărfuri transportate. Societățile feroviare au depus eforturi susținute în dezvoltarea și perfecționarea materialului rulant, precum și în organizarea și expedierea mărfurilor, în vederea reducerii duratei de transport și a micșorării prețului de transport.

Transportul feroviar a păstrat avantajele deținute față de celelalte moduri de transport:

- ❑ asigurarea unui flux continuu de transport, care permite o aprovizionare ritmică
- ❑ o anumită regularitate din punctul de vedere al timpului de transport, datorită modului de organizare și independenței față de condițiile atmosferice



- integritatea mai probabilă a mărfurilor periculoase în timpul transportului, pentru că riscul de incidente/accidente este mai mic în comparație cu alte modalități de transport
- simplitatea expedierii mărfurilor și cunoașterea din timp a tarifelor, ceea ce permite expedierea mărfurilor fără o pregătire prealabilă deosebită și cunoașterea cheltuielilor încă înainte de efectuarea transportului
- cheltuielile și consumurile de materiale pentru ambalare mult mai mici, pentru că manipularea și fixarea se face direct de către producător, cu personal specializat și cu utilaje specifice operațiunilor de încărcare și descărcare.

Transportul feroviar este un proces în permanentă dezvoltare, în primul rând datorită avantajelor tehnico-economice pe care le oferă. Din punct de vedere istoric, CFR a fost cel mai mare ofertant de servicii de transport în România, cu lungimea desfășurată a liniilor de 22.247 km, Compania Națională de Căi Ferate fiind a șaptea din Europa.

Rețeaua feroviară publică (fig. 2.3) acoperă, practic, întreg teritoriul țării, cu o densitate a liniilor de exploatare de 46.1 km/1000 km<sup>2</sup> și cu calitatea de a asigura legătura cu toate rețelele feroviare ale țărilor vecine. Lungimea rețelei este de 10.981 km din care 2.965km (27.0%) linie dublă, 3.942km (35.9%) linie electrificată. Rețeaua este deservită în teritoriu de 1.051 de stații și halte feroviare, 50 depouri și remize de locomotive, 120 revizii de vagoane și ateliere de zonă și 106 secții de întreținere a liniilor, lucrărilor de artă și instalațiilor de centralizare și telecomunicații [B1].

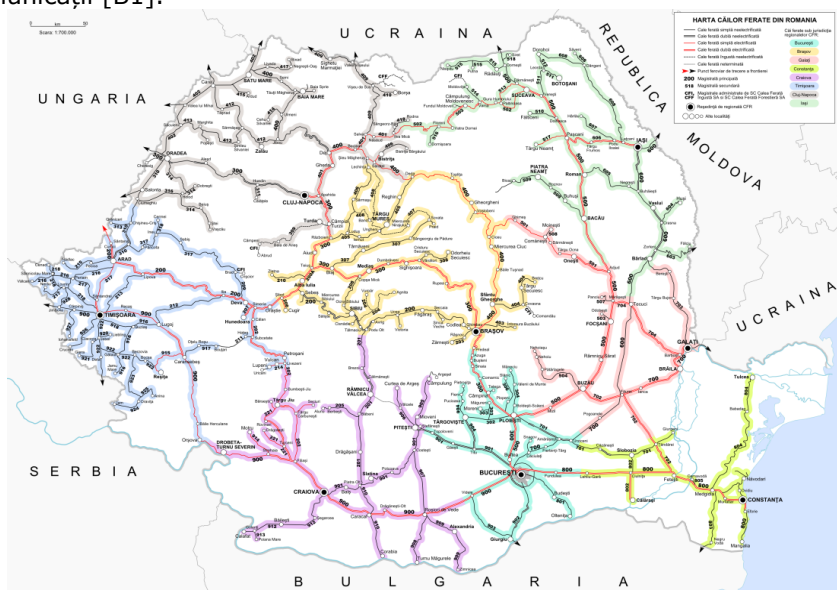


Fig. 2.3 Rețeaua națională de căi ferate

În prezent, întreaga rețea feroviară este în curs de reabilitare și modernizare pentru a permite trenurilor de marfă să circule cu viteze mai mari, pentru a scurta timpii de transport și a optimiza acest sector de o importanță vitală. Din punct de vedere al transporturilor de mărfuri periculoase acest mod de transport este foarte sigur și economic (se pot transporta cantități mari de mărfuri periculoase).

*Transportul rutier de mărfuri* include orice operațiune de transport care se realizează cu vehicule rutiere pentru deplasarea mărfurilor, chiar dacă vehiculul rutier este, pe o porțiune a drumului, transportat la rândul sau pe/de un alt mijloc de transport. Transportul rutier efectuează deplasarea în spațiu a mărfurilor cu ajutorul autovehiculelor care sunt mijloace de transport autopropulsate [L2].

În transportul de mărfuri periculoase, modul rutier este preferat datorită avantajelor numeroase pe care le oferă, și anume:

- ❑ posibilitatea încărcării mărfurilor periculoase direct de la punctul de expediere și descărcarea ei direct la punctul de destinație, fără a fi necesare transbordări și manipulări suplimentare, care nu sunt recomandate la transportul de mărfuri periculoase, în scopul creșterii siguranței operării transportului
- ❑ disponibilitate într-o varietate foarte largă, astfel încât autovehiculele pot fi întrebuințate, în funcție de vreme, practic, pe orice fel de drum
- ❑ viteza de deplasare ridicată, care se referă atât la parcursul rutei între furnizor și beneficiar, cât și la simplitatea operațiunilor de încărcare și descărcare, pregătire pentru plecare în cursă, cu cheltuieli reduse aferente acestor activități conexe
- ❑ supraveghere permanentă a mărfii de către conducătorul auto, care asistă și la încărcarea/descărcarea mărfurilor la pregătirea plecării și la destinație
- ❑ ambalarea economică în cazul transportului produselor în vrac, caroseria autovehiculului preluând rolul ambalajelor
- ❑ posibilitatea de a asigura temperaturi optime pentru conservarea mărfurilor pe parcursul transporturilor (între -20°C și +20°C)
- ❑ cheltuieli de transport reduse și posibilitatea implementării unor sisteme de creștere a siguranței transportului de mărfuri periculoase.

Deși, în mod evident, avantajele prevalează, există și câteva dezavantaje, cum ar fi capacitate de transport a autovehiculelor mai redusă în comparație cu cea a trenurilor de mărfuri sau a navelor comerciale (cu costuri specifice pe tonă și km de câteva ori mai ridicate decât în transportul naval și feroviar), riscul de accident mai mare, datorită traficului intens și gradul mai ridicat de poluare cel puțin în comparație cu tracțiunea feroviară electrică.

În prezent, transportul auto oferă cea mai mare eficiență pe distanțe scurte [16].

Transportul unui vehicul rutier transportat pe/de un alt mijloc de transport se numește *transport combinat* și se poate clasifica în :

- ❑ transport multimodal, atunci când transportul se realizează pe o porțiune a itinerariului cu un mijloc de transport și pe cealaltă porțiune (sau pe celelalte porțiuni) cu unul sau mai multe alte mijloace de transport
- ❑ transport intermodal, atunci când un mijloc de transport încărcat cu marfă, în acest caz, un vehicul rutier, este transportat cu un alt mijloc de transport.

Transporturile rutiere de mărfuri periculoase au suferit mutații importante în domeniile structurii capacităților de transport, a caracteristicilor tehnice de siguranță rutieră, cât și în evoluția caracteristicilor ecologice ale autovehiculelor.

Rețeaua rutieră publică asigură accesul motorizat în majoritatea localităților țării, densitatea rețelei fiind de 0.64 km/km<sup>2</sup>. Lungimea rețelei este de 73.435 km (exclusiv cea stradală), din care 14.685 km (20%) drumuri naționale (4.672 km drumuri europene din care 113 km autostrăzi) și 58.750 km drumuri județene și comunale. Din punct de vedere al gradului de modernizare, rețeaua rutieră publică deține 24.6% (18.084 km) drumuri modernizate, 28.4% (20.836 km) drumuri cu îmbrăcăminti ușoare rutier, 47% (34.515 km) drumuri pietruite și de pământ [W1].

În figura 2.4 este prezentată rețeaua rutieră națională.

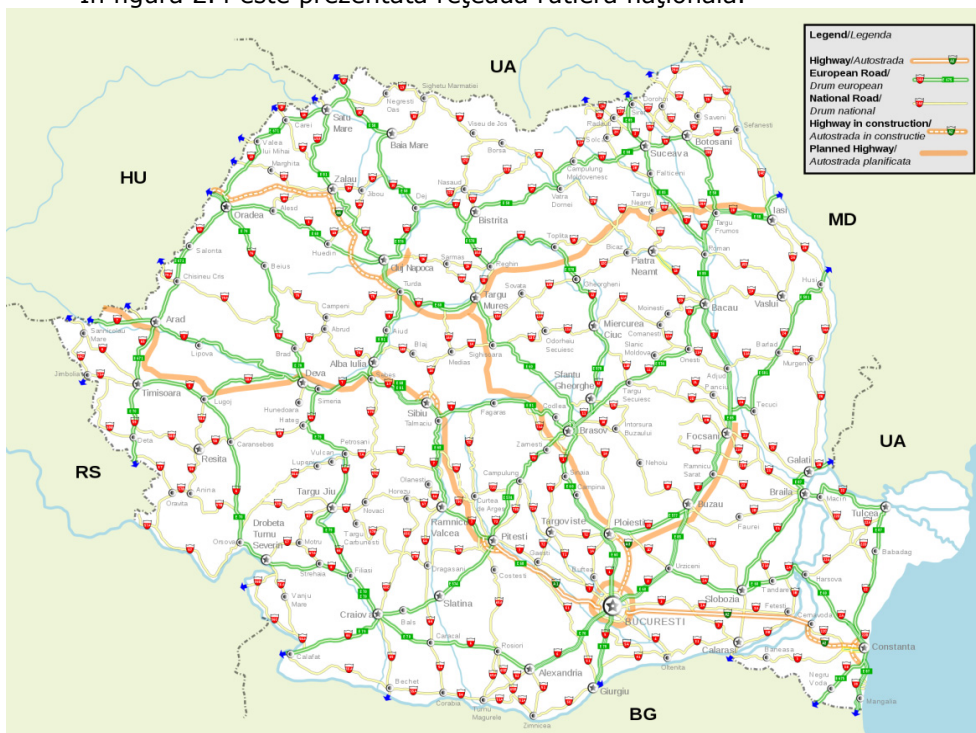


Fig. 2.4 Rețeaua rutieră națională

Conform anexei A cap. 1.2 din ADR, [A1], se operează cu noțiunile descrise în tabelul 2.8. Liniile 2...7 din tabel detaliază unitatea de transport, în funcție de tipul și volumul materialului de transportat, precum și de prezența sau absența unui ambalaj specific.






Termenul de *vehicul* este polisemantic, fiind utilizat și în cazul unei unități de transport *complete* (camioane, furgonete, tractoare, remorci construite într-un singur ansamblu), *incomplete* (șasiuri-cabine, șasiuri de remorci), respectiv *completate* (șasiuri sau șasiuri-cabine prevăzute cu o caroserie).

*Vehiculul de bază* poate fi un șasiu-cabină, un tractor pentru semiremorcă, un șasiu de remorcă sau o remorcă cu o structură autoportantă.

*Vehiculul EX/II-EX/III* este destinat transportului de substanțe sau obiecte explozive (clasa 1).

*Vehiculul FL* este destinat transportului de substanțe lichide având un punct de aprindere mai mic de 60°C (cu excepția carburantului diesel, gazului petrolier și lichidului de încălzire ușor) în cisterne fixe sau demontabile (cu o capacitate superioară valorii de 1m<sup>3</sup>), în containere cisternă sau cisterne mobile de o capacitate individual de peste 3m<sup>3</sup>. Poate transporta, de asemenea, gaze inflamabile, în containere cisternă, cisterne mobile sau CGEM cu o capacitate mai mare de 3m<sup>3</sup> sau în cisterne fixe sau demontabile cu o capacitate de peste 1m<sup>3</sup>. *Vehicul OX* este un specializat în transportul de peroxid de hidrogen stabilizat sau în soluție apoasă stabilizată, conținând peste 60% peroxid de hidrogen (clasa 5.1, nr. ONU 2015), în containere cisternă sau cisterne mobile de o capacitate de peste 3m<sup>3</sup> sau în cisterne fixe sau demontabile cu o capacitate de peste 1m<sup>3</sup>.

Tabelul 2.8 Definiții ale elementelor utilizate în transportul rutier conform ADR [A1]

Nr. crt.	Cuvânt titlu	Descriere	Ilustrație
1	Unitate de transport	un autovehicul sau un ansamblu constituit dintr-un vehicul tractor și remorcă	-
2	Vehicul acoperit	un vehicul a cărui caroserie este constituită dintr-o carcasă care poate fi închisă	
3	Vehicul descoperit	un vehicul a cărui platformă nu este prevăzută cu o suprastructură sau este prevăzută numai cu pereți laterali și un punct frontal	
4	Vehicul cu prelată	un vehicul descoperit prevăzut cu o prelată pentru protejarea mărfurilor	
5	Container	un dispozitiv de transport: - cu caracter permanent și suficient de rezistent pentru a permite folosirea repetată - conceput special pentru facilitarea transportului de mărfuri, fără divizarea încărcăturii - prevăzut cu dispozitive care ușurează stivuirea și manipularea, mai ales în timpul transbordării de la un mijloc de transport la altul - conceput astfel încât să fie umplut sau golit cu ușurință. Termenul container nu acoperă ambalajele uzuale, recipientele mari pentru transport în vrac (RMV), vehiculele sau containerele cisternă.	
6	Container pentru gaze, cu elemente multiple-CGEM	o unitate de transport care conține elemente legate între ele și montate împreună pe un cadru. Următoarele elemente, de exemplu, sunt considerate componentele unui container pentru gaze, cu elemente multiple: tuburi, butelii, rezervoare sub presiune și cadre de butelii, precum și cisterne pentru gaze având o capacitate mai mare de 450 litri, recipiente sau cisterne.	-
7	Transport în vrac	transportul de substanțe solide sau obiecte neambalate, în vehicule sau containere. Acest termen nu se aplică mărfurilor care sunt transportate în colete și nici substanțelor care sunt transportate în cisterne.	

*Vehiculul AT* este un alt vehicul decât FL sau OX, destinat transportului de mărfuri periculoase în containere cisternă, cisterne mobile sau CGEM cu o capacitate de peste 3m<sup>3</sup> sau în cisterne fixe sau demontabile cu o capacitate de peste 1 m<sup>3</sup> sau într-un vehicul baterie cu o capacitate de peste 1m<sup>3</sup>.

*Vehiculul MEMU* definește Unitatea Mobilă de Fabricare a Explozibililor. Aceasta este compusă din diferite containere pentru vrac, cisterne și echipamente pentru fabricarea explozibililor, inclusiv pompe și accesoriile lor. MEMU poate conține și compartimente speciale pentru transportul explozibililor în colete. MEMU se utilizează numai la transportul explozibililor.

Vehiculele utilizate în transportul de substanțe periculoase trebuie să îndeplinească unele condiții tehnice, care decurg din Ordinul nr. 284/20.04.2011 pentru modificarea și completarea Reglementărilor privind omologarea de tip și eliberarea cărții de identitate a vehiculelor rutiere, precum și omologarea de tip a produselor utilizate la acestea - RNTR 2, aprobate prin Ordinul ministrului lucrărilor publice, transporturilor și locuinței nr. 211/2003, respectiv Ordinul nr. 283 din 20.04.2011 pentru modificarea Reglementărilor privind omologarea, agrearea și efectuarea inspecției tehnice periodice a vehiculelor destinate transportului anumitor mărfuri periculoase - RNTR 3, aprobate prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2.134/2005.

Aceste reglementări au fost emise în scopul armonizării condițiilor tehnice care se aplică pe plan național cu cele care sunt valabile pe plan internațional, îndeosebi în Europa și se bazează pe Regulamentele Comisiei Economice pentru Europa a ONU, anexă la Acordul de la Geneva din 1957, prevederile cuprinse în Directivele Uniunii Europene, la care România este asociată, Standarde ISO, Standarde EN și standarde naționale STAS sau SR.

Transportul anumitor mărfuri periculoase este supus utilizării obligatorii a unui material sau a unui tip de transport determinat. Termenul de *încărcare completă* desemnează orice încărcare provenind de la un singur expeditor care are rezervată utilizarea exclusivă a unui vehicul sau a unui container mare și pentru care toate operațiunile de încărcare și descărcare sunt efectuate în conformitate cu instrucțiunile expeditorului sau ale destinatarului.

Mărfurile periculoase protejate în diverse tipuri de ambalaje specifice sunt încărcate în containere, atașate autovehiculului de transport.







Containerele ISO reprezintă una dintre multiplele posibilități de transport containerizat existente. Containerele sunt în principiu, de două categorii:

- containere standard, cunoscute și drept containere ISO sau containere intermodale
- containere non standard.

Containerele ISO sau intermodale pot fi utilizate pentru a transporta marfa în diverse combinații modale (auto și feroviar sau feroviar și naval etc.).

Configurațiile containerelor ISO sunt sintetizate în tabelul 2.9.

Tabelul 2.9 Configurații ale containerelor ISO

Nr. crt.	Configurație	Descriere	Ilustrație
1	containere uscate	sunt utilizate pentru transport de mărfuri generale. Încărcarea acestora se face pe partea din spate și sunt complet închise. Mai sunt cunoscute și sub denumirea de containere cub (cube containers).	
2	containere ISO izolate (termic)	sunt utilizate pentru transportul mărfurilor reci sau congelate. De asemenea, se utilizează la transportul mărfurilor sensibile la diferențe de temperatură. Acestea au pereți izolați fără a avea o instalație de răcire.	
3	containere refrigeratoare	sunt construite cu pereți izolatori dar sunt înzestrate și cu o instalație de răcire proprie.	
4	containere platformă	sunt utilizate pentru a transporta încărcături grele. Nu au pereți laterali dar pot avea pereții de capăt. Pereții existenți pot fi rabatați spre interior atunci când nu există încărcătură.	
5	containere deschise deasupra (open top)	sunt utilizate pentru transportul încărcăturilor grele, înalte sau vrac. Acestea arată ca o cutie fără capac care poate fi încărcată din partea de sus.	
6	containere tanc	sunt utilizate pentru transportul mărfurilor lichide. De fapt, conțin o cisternă închisă într-o colivie metalică de dimensiunile unui container.	

Toate aceste containere sunt fabricate la următoarele dimensiuni standard: lățime - 8 feet (2.438 m); înălțime - 8 feet 6 inches (2.59 m) sau 9 feet 6 inches (2.895 m); lungime - 20 feet (6.096 m) sau 40 feet (12.192 m).

Conform convenției ADR, mărfurile periculoase pot fi transportate în: autovehicule cu prelată, autovehicule tip furgon, autovehicule tip cisternă sau autoizotermă cu agregatul Thermo-King. De asemenea, din punctul de vedere al

modalității de transport al mărfurilor periculoase, acestea se pot transporta în cisterne, containere-cisterne, containere, ambalaje sau vrac.

Acordul ADR a stabilit limite foarte precise pentru substanțele periculoase care pot fi încărcate în ambalaje. Astfel, sunt agreeate diverse categorii de ambalaje cu capacitate de până la 3000 l, ambalaje cu capacitate de până la 450 l, recipiente standardizate etc.

*Arimarea încărcăturii* înseamnă așezarea și, la nevoie, fixarea încărcăturii pentru a garanta siguranța transportului. Stabilitatea încărcăturii descrie măsura în care încărcătura își menține echilibrul pe platou fără să alunece, să se răstoarne sau să cadă de pe acesta. La determinarea stabilității încărcăturii trebuie luate în calcul următoarele elemente: dimensiunile (înălțime, lățime, lungime), masa și centrul de greutate al încărcăturii, forțele de accelerare și de frecare, precum și energia cinetică (fig. 2.5).

În cazul în care este necesar să se încarce mărfuri periculoase diferite în unitatea de transport, se vor avea în vedere următoarele reguli generale:

- ❑ mărfurile mai grele se așază în partea de jos, iar cele ușoare deasupra celor grele (fig. 2.6)
- ❑ nu se vor încărca alăturat, pe același nivel, materiale grele și materiale ușoare
- ❑ se va evita încărcarea în comun în ambalaje, container sau autovehicul a diferitelor substanțe periculoase care conțin componente care pot reacționa periculos între ele, provocând combustie și/sau o degajare puternică de căldură, gaze inflamabile, toxice, asfixiante etc., forme de substanțe instabile sau lichide corozive, creșterea periculoasă a presiunii.

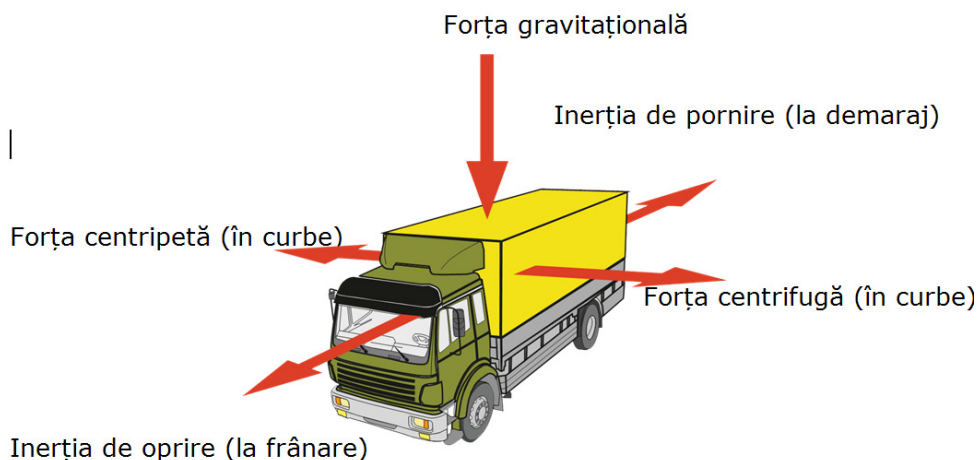


Fig. 2.5 Forțele care acționează asupra unui autovehicul

Arimarea mărfurilor periculoase se efectuează cu ajutorul chingilor, sacilor gonflabili, materialelor de intercalat, covoarelor antiderapante etc. – fig. 2.7.

Containerele care conțin mărfuri periculoase vor avea aplicate etichete corespunzătoare, iar semnalizarea și etichetarea ambalajelor trebuie făcută cu inscripții și etichete de pericol sau manipulare în funcție de pericolele pe care le comportă substanțele conținute în acestea, precum și de modul în care trebuie manipulat ambalajul. Se va respecta limita de încărcare înscrisă pe fiecare container

și se va face o repartizare uniformă a sarcinii pe întreaga suprafață a podelei acestuia.

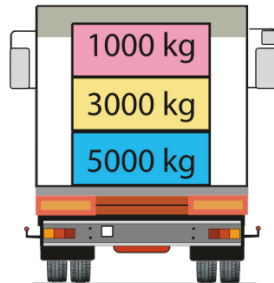


Fig. 2.6 Mod de repartizare a încărcăturii



Fig. 2.7 Materiale folosite la arimarea mărfurilor

Centrul de greutate al materialelor trebuie păstrat cât mai aproape de centrul geometric al containerului/vehiculului și cât mai jos posibil pentru a se evita înclinarea excesivă a containerului, suprasolicitarea, atât a containerului, cât și a echipamentului de manipulare. Nu se admit sarcini pe osie mai mari decât cele prescrise, instabilitatea vehiculului, concentrări de sarcină nepermise.

La partea superioară, încărcătura va fi asigurată fie prin realizarea unor cadre identice cu cele de pe podea (atunci când greutatea și gabaritul încărcăturii sunt foarte mari și simpla arimare nu este suficientă), fie prin ancorare cu lanțuri, cabluri, sârme etc. de locurile special amenajate și de pereții laterali.

La fixarea încărcăturilor se va avea în vedere ca presiunea pe pereții laterali și uși să fie limitată și să se evite sarcinile concentrate. În acest scop, în cazul sarcinilor concentrate, ușile se protejează prin intercalarea unor distanțiere între marfă și cadrul de rezistență al ușilor. În cazul unor încărcături care se compun din piese cu dimensiuni de gabarit asemănătoare sau unități de încărcătură cu secțiunea dreptunghiulară, se va urmări utilizarea în întregime a spațiului pe toată lungimea și lățimea containerului (la înălțime constantă).



Încărcarea containerelor platformă se face începând de la pereții frontali spre mijloc, iar eventualele spații libere se umplu cu mijloace adecvate (de obicei stelaje). În cazul în care într-un container (port container) se va încărca marfă pe mai multe rânduri, se începe aranjarea dinspre pereții laterali, iar eventualele spații libere se vor umple cu stelaje sau elemente elastice (perne pneumatice, anvelope auto vechi, lăzi goale etc.). Când marfa este paletizată, spațiile goale rămase pot fi umplute cu mărfuri în saci, în scopul folosirii optime a spațiului.

Vehiculele care transportă mărfuri periculoase trebuie să fie semnalizate și etichetate corespunzător normelor în vigoare.

Unitățile de transport trebuie să aibă, dispuse pe un plan vertical, două panouri dreptunghiulare de culoare portocalie retroreflectorizantă cu o bază de 40 cm și o lățime de cel puțin 30 cm (fig. 2.8).

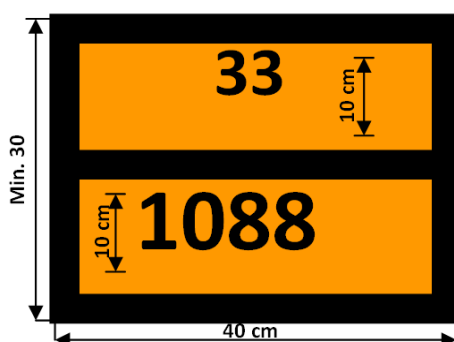


Fig. 2.8 Panou de semnalizare standard

Aceste panouri trebuie să aibă un chenar marginal cu o grosime de cel mult 15 mm. Un panou trebuie fixat în fața unității de transport și celălalt în spate, perpendicular pe axa longitudinală a acesteia. Ele trebuie să fie perfect vizibile.

Dacă mărimea și construcția vehiculului sunt astfel încât suprafața disponibilă este insuficientă pentru fixarea panourilor portocalii, dimensiunile lor pot fi reduse la 30 cm pentru baze, 12 cm pentru înălțime și 1 cm pentru chenarul negru.

În partea superioară a panoului trebuie să figureze numărul de identificare al pericolului (două cifre sau două cifre precedate de simbolul "X") și numărul de identificare al substanței (în clasificarea ONU), în partea inferioară. Acestea trebuie să fie separate de o linie neagră orizontală cu o grosime de 1.5 cm traversând panoul la jumătatea înălțimii.

O unitate de transport care transportă ambalaje încărcate cu mărfuri periculoase nu trebuie să poarte panouri cu numerele de identificare ale substanței și pericolului, ci doar panouri simple.

Vehiculele cisternă care transportă substanțe periculoase, trebuie să poarte pe părțile laterale ale fiecărei cisterne sau compartiment al cisternei, paralel cu axa longitudinală a vehiculului, într-un mod perfect vizibil, panouri de culoare portocalie inscripționate cu numărul de pericol și ONU (numerele de identificare ale pericolului și ale substanței) constituite din cifre de culoare neagră înalte de 10 cm și cu o grosime a liniei de 1.5 cm, iar în partea din față și spate a unității de transport vor fi amplasate panourile portocalii neinscripționate (fig. 2.9).

Numărul de identificare a pericolului și numărul ONU trebuie să nu poată fi șterse sau dezlipite și să rămână vizibile după un incendiu cu o durată de 15 minute.

De asemenea, numerele de identificare ale pericolului și substanțelor sunt importante deoarece furnizează informațiile necesare privind intervențiile care se pot face în caz de accident, cu referiri principale la primul ajutor, la siguranța circulației și la utilizarea echipamentelor de protecție necesare.

Panourile portocalii care nu au legătură cu substanțele transportate și de asemenea, panourile portocalii de pe vehiculele cisternă, CGEM, vehiculele și containerele pentru transportul în vrac, goale, curățate și degazate trebuie să fie scoase sau acoperite.



Fig. 2.9 Vehiculele cisternă semnalizate cu panouri cu numere laterale și panouri neutre în față și spate

În acordul ADR este stipulată și obligativitatea aplicării pe autovehicule a două tipuri de etichete, și anume, eticheta de pericol și eticheta de manipulare.

Aceste etichete de pericol și manipulare vor fi aplicate pe colete, supraambalaje, containere, ambalaje etc., iar unitățile de transport care conțin mărfurile periculoase vor fi semnalizate cu plăci-etichetă pentru a se identifica rapid și cu ușurință pericolul consemnat de substanța transportată, precum și modul de manipulare a acesteia.

Figura 2.10 prezintă câteva exemple de aplicare a etichetelor de pericol și manipulare.

Aplicarea etichetelor de pericol este obligatorie pe autovehiculele cisternă, containerele cisternă sau containerele încărcate cu mărfuri periculoase în colete, pe autovehiculele care transportă mărfuri de la clase limitative (1,2,6.2,7) și pe autovehiculele care transportă mărfuri în vrac.



Fig. 2.10 Exemple de aplicare a etichetelor de pericol pe container cub, container cisternă, respectiv ambalaje

Etichetele de pericol folosite pentru ambalaje trebuie să aibă forma unui romb și dimensiunile minime de 100 mm x 100 mm, să conțină o linie paralelă cu marginea, trasată la 5 mm de aceasta și de aceeași culoare cu semnul convențional. La partea inferioară a etichetei de pericol vor fi inscripționate cifrele sau literele care indică clasa substanțelor respective.

Plăcile etichetă vor fi amplasate pe părțile laterale și pe partea posterioară a unității de transport, având forma unui pătrat cu latura de cel puțin 250 mm, cu o bordură de aceeași culoare ca și semnul convențional și vor corespunde etichetei pentru substanța periculoasă respectivă în ceea ce privește culoarea și semnul convențional. Vor purta inscripționate cifrele sau literele care indică clasa substanțelor respective și natura pericolului de o înălțime minimă de 25 mm. Plăcile etichetă care nu se referă la mărfurile periculoase transportate și resturile acestor mărfuri trebuie să fie scoase sau acoperite.

Pentru cisternele cu o capacitate care nu depășește 3m<sup>3</sup> și pentru containerele mici, plăcile etichetă pot fi înlocuite cu etichete.

Dacă transportul se face în CGEM, cisterne-mobile, vehicule-cisternă, vehicule pentru transport în vrac, vehicule-baterie, cisterne-demontabile, plăcile etichetă sunt aplicate pe părțile laterale și pe spatele vehiculului.

Dacă transportul se face în containere-cisternă sau containere plăcile-etichete sunt aplicate numai pe părțile laterale.

Eticheta de manipulare are forma unui dreptunghi cu dimensiunile de 148 x 210 mm. În acest dreptunghi se află o linie orizontală deasupra căreia se află dispuse două săgeți orientate în plan vertical cu vârful în sus de culoare neagră, care indică obligația ca la manipulare ambalajul să fie manevrat pe verticală.

*Transportul naval* reprezintă al treilea mod de deplasare a mărfurilor periculoase, utilizând ca vehicule de transport navele. Transportul naval se caracterizează prin capacitate mare de încărcare însă, în comparație cu celelalte modalități de transport, chiar și cele mai moderne nave au viteză de deplasare relativ redusă, deși trebuie să parcurgă distanțe foarte mari.

Navigația maritimă și fluvială realizează legături dintre porturi diferite de pe glob, în condiții de eficiență ridicată, investițiile fiind relativ reduse în raport cu transportul terestru.

Transportul naval este adecvat pentru mărfurile periculoase cu valoare redusă, pentru care nivelul cheltuielilor de transport prevalează asupra duratei transportului. Avantajul transportului pe apă, din punct de vedere al costului, este mai evident pe distanțe mari, transoceanice.

Rețeaua națională de căi navigabile se situează în întregime în partea de sud și sud-est a României, cu o densitate de 6.5 km/1000 km<sup>2</sup>. Lungimea rețelei este de 1.779 km din care 1.075 km Dunărea navigabilă internațională, 524 km brațele navigabile ale Dunării și 91 km căi navigabile artificiale (canalele Dunăre-Marea Neagră și Poarta Albă-Năvodari) [B11]. În rețeaua de căi navigabile interioare și Marea Neagră sunt integrate 35 porturi dintre care 3 porturi maritime, 6 porturi fluvio-maritime și 26 de porturi fluviale. Porturile românești dispun de cca. 49.000m construcții hidrotehnice pentru acostarea navelor, din care 18.1 % cu o vechime mai mare de 50 ani, necesitând lucrări urgente de reconstrucții.

Dunărea traversează teritoriul a 11 state și conectează patru capitale europene. Pentru noi prezintă însă un interes deosebit sectorul Dunării cuprins între Sulina și Kelheim, cu lungimea de 2411 km, care reprezintă principalul coridor de transport fluvial de unire a Mării Negre cu Marea Nordului (fig. 2.11).



Fig. 2.11 Calea navigabilă Constanța-Rotterdam (Canal Dunăre-Marea Neagră, Dunăre, Canal Main-Dunăre, Main, Rhin)

Din punctul de vedere al regimului și condițiilor de navigație pe fluviu, Dunărea se împarte în două sectoare distincte ca structură, respectiv mod de organizare, și anume:

- sectorul Dunării maritime, cuprins între Brăila și rada Sulina, cu lungimea totală de 185 km
- sectorul Dunării fluviale, aflat în amonte de Brăila.

În prezent, în lungul Dunării și al principalelor sale brațe navigabile, sunt amenajate 32 porturi cu o capacitate totală de trafic de 54 milioane tone/an, din care 35.8 milioane tone în patru porturi fluviale-maritime (Sulina, Tulcea, Galați și Brăila). Ele se constituie în puncte de concentrare și repartiție a fluxurilor de mărfuri și de materii prime, cu posibilități multiple de a organiza, în aceste porturi, depozite și centre de conexiune pentru transportul multimodal. Față de celelalte mijloace de transport, avantajele transportului pe Dunăre sunt evidente și au început să fie luate din nou în discuție după 2002, odată cu măsurile restrictive pentru protecția mediului impuse transportului auto de mărfuri, precum și cu taxele suplimentare pe drumuri și autostrăzi, care reduc interesul pentru transporturile cu mijloace auto.

*Transportul aerian* reprezintă a patra modalitate prin care se poate realiza transportul de mărfuri periculoase.

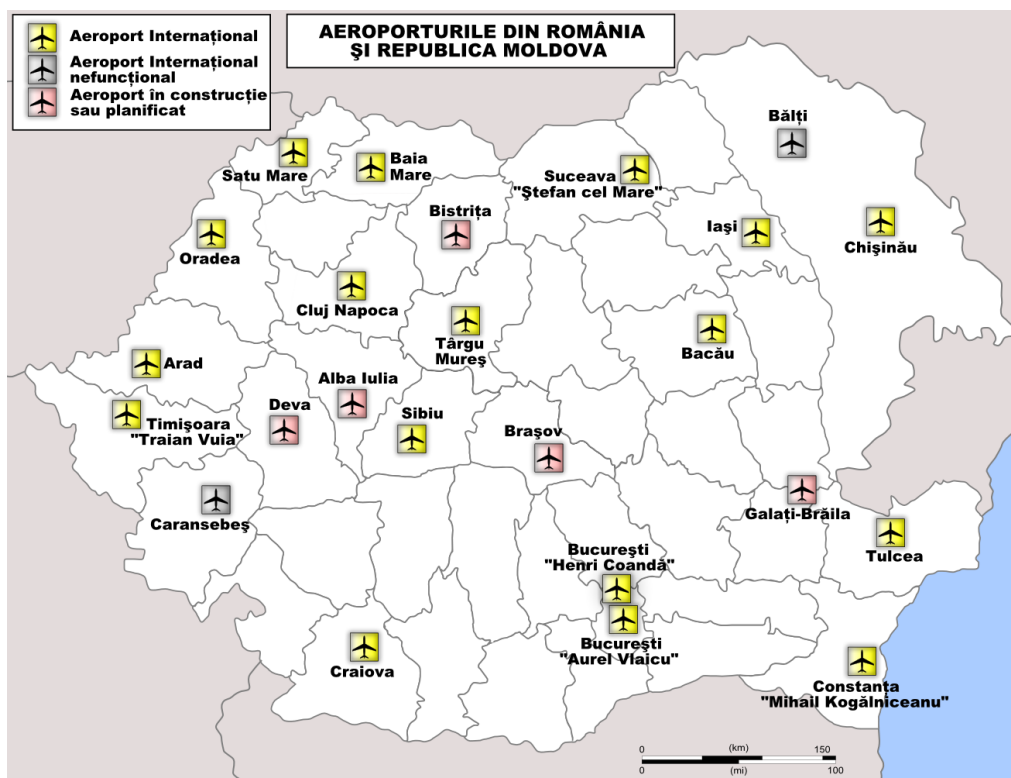


Fig. 2.12 Rețeaua aeriană internă

Printre particularitățile tehnico-economice ale transportului aerian de mărfuri periculoase se numără:

- ❑ rapiditatea, care este caracteristica esențială a transportului aerian. Viteza mare de deplasare a aeronavelor nu poate fi egalată de nici un alt mijloc de transport
- ❑ regularitatea, care rezultă din faptul că transportul aerian se efectuează după un program precis în orice perioadă a anului, atât ziua, cât și noaptea
- ❑ oportunitatea, care se referă la faptul că acest mod de transport pune la dispoziția celor interesați, oricând și oriunde sunt amenajate puncte terminale, cel mai modern mijloc de transport.

Programele de dezvoltare ale aeroporturilor prevăd realizarea unei platforme intermodale de transport (aerian, feroviar, rutier).

Contribuția transportului aerian la transportul de mărfuri periculoase este marcată de neajunsuri cum ar fi:

- ❑ serviciile de aeroport sunt încă slab dezvoltate
- ❑ lipsesc dotările specifice de conducere spre aterizare în condiții speciale
- ❑ serviciile de monitorizare și întreținere a aeronavelor nu se ridică la standarde internaționale
- ❑ investiția în terminalele cargo pentru mărfuri periculoase este insuficientă.

Dezvoltarea, modernizarea și eficientizarea transporturilor aeriene de mărfuri periculoase este posibilă prin completarea și armonizarea legislației în țările din Uniunea Europeană, îmbunătățirea securității și ridicarea nivelului de pregătire a personalului care este implicat în procesul de transport.

Rețeaua de aeroporturi internaționale din România și din Republica Moldova este prezentată în figura 2.12.

### **2.2.3. Elemente de legislație privind transportul mărfurilor periculoase**

#### **2.2.3.1 Legislație internațională**

Odată cu expansiunea comerțului internațional, a avut loc o amplă extindere și diversificare a transportului de materii prime, semiproduse și produse finite. O mare parte dintre mărfurile care fac obiectul comerțului sunt caracterizate de riscuri proprii cum ar fi riscul de incendiu, de toxicitate, de explozie, de oxidare, de iradiere etc. Riscurile amintite sunt posibile în condiții necorespunzătoare de manipulare, depozitare și transport, iar efectele acestora reprezintă un pericol imediat asupra organismelor vii cât și asupra mediului înconjurător. Ca urmare a dezvoltării economiei mondiale și a progresului tehnic din acest ultim secol, a crescut și nivelul transporturilor de mărfuri periculoase, transportul internațional și național de mărfuri periculoase fiind reglementat de acorduri internaționale și legislație naționale.

În vederea protejării de evenimentele nedorite care s-ar putea produce, au fost elaborate la nivelul ONU o serie de măsuri severe, cu caracter tehnic și legislativ, care se aplică în traficul intern și internațional pentru autovehiculele de transport al mărfurilor periculoase.

Măsurile se referă la ambalare și încărcare în mijloacele de transport și folosirea tehnologiilor moderne de transport (containerizare, paletizare și pachetizare). Respectarea acestor măsuri face posibil transportul în siguranță al mărfurilor periculoase în traficul feroviar, rutier, naval, aerian, multimodal, dar contribuie și la manipularea mărfurilor periculoase în condiții de siguranță maximă. Aceste norme sunt aprobate de către organizațiile internaționale și sunt actualizate

periodic la fiecare doi ani, pentru a încorpora beneficiile progresului tehnic și pentru a crește siguranța transportului acestor mărfuri.

Din ansamblul general al mărfurilor se detașează, prin condițiile specifice impuse, grupa generică a mărfurilor periculoase. Ca urmare a riscurilor pe care acestea le prezintă, nu numai pentru sănătatea consumatorilor/utilizatorilor și personalului implicat în circulația lor, ci și pentru limitarea impactului asupra mediului, la nivelul Națiunilor Unite a luat ființă un Comitet de Experți în Transportul Mărfurilor Periculoase.

Comitetul de Experți în Transportul Mărfurilor Periculoase a elaborat ample studii care stau la baza legislației și a recomandărilor, cu aplicabilitate națională și internațională, privitoare la transportul aerian, rutier, naval și pe cale ferată a mărfurilor periculoase, a documentației obligatorii însoțitoare a loturilor de asemenea mărfuri, precum și a condițiilor lor de depozitare temporară.

În statele din Europa, *Acordul european referitor la transportul rutier internațional al mărfurilor periculoase (A.D.R.)*, datează din 30 septembrie 1957 (Geneva), dar a evoluat foarte încet în primele sale decenii de aplicare. O importanță deosebită a fost acordată transportului de mărfuri periculoase în ultimii 20 de ani. Astfel, prima directivă adoptată de către Consiliu în 1989 s-a referit la câteva aspecte specifice, cum ar fi formarea profesională a conducătorilor auto.

*Tratatul de la Maastricht* (1992) a fixat competența Comunității Europene în stabilirea elementelor de siguranță a transporturilor.

Pentru a evita duplicarea cu activitatea desfășurată de organizații internaționale, Comisia Economică a UE a considerat că legislația comunitară trebuie să fie elaborată în funcție de următoarele principii:

- ❑ aplicarea uniformă a acordurilor internaționale la nivelul UE și la nivelul statelor membre
- ❑ eliminarea obstacolelor din calea schimburilor create de nearmonizarea standardelor internaționale
- ❑ adoptarea de măsuri la nivel comunitar, care să se adauge celor cuprinse în acorduri internaționale
- ❑ coerență a legislației comunitare în acest domeniu, cu alte politici ale UE.

Grupul de lucru pentru transportul mărfurilor periculoase (WP 15) al Comitetului pentru transporturi interne al Comisiei Economice pentru Europa, a decis restructurarea anexelor A și B la a cincizeci și una sa sesiune (26-30 octombrie 1992), la propunerea Uniunii Internaționale a Transportatorilor Rutieri (IRU) [B2]. Această restructurare a vizat în principal ca prescripțiile să devină mai accesibile și să fie dispuse într-un mod mai deschis, astfel încât să se poată înlesni aplicabilitatea lor nu numai pentru transporturile internaționale rutiere conform ADR, ci și pentru transporturile naționale în toate Statele Europene prin intermediul legislației naționale sau a Comunității Europene și să asigure astfel, în cele din urmă, un cadru regulamentar coerent la nivel european. ADR-ul restructurat adoptat de Grupul WP 15 este conform cu Recomandările Națiunilor Unite privind transportul mărfurilor periculoase, Regulamentele tip, Codul maritim internațional pentru mărfuri periculoase (Codul IMDG) și Reglementările referitoare la transportul feroviar internațional de mărfuri periculoase (RID). ADR-ul conține, de asemenea, dispoziții referitoare la formare, derogări, măsuri tranzitorii, precum și dispoziții ce definesc obligațiile diversilor factori care intervin într-un lanț de transport de mărfuri periculoase.

La 01.12.2010, părțile contractante la Acord erau următoarele: Albania, Austria, Azerbaidjan, Belarus, Belgia, Bosnia și Herțegovina, Bulgaria, Cipru, Croația, Danemarca, Elveția, Estonia, Ex-Republica iugoslavă Macedonia, Federația

Rusă, Finlanda, Franța, Germania, Grecia, Italia, Kazakhstan, Letonia, Lichtenstein, Lituania, Luxemburg, Marea Britanie, Marocul, Norvegia, Olanda, Polonia, Portugalia, Republica Moldova, Republica Cehă, România, Serbia și Muntenegru, Slovacia, Slovenia, Spania, Suedia, Ucraina, Ungaria.

Transportul mărfurilor periculoase este admis numai în ambalaje certificate de organisme abilitate după reglementări internaționale foarte severe.

Pentru fiecare relație de transport se iau în considerare reglementările specifice:

- ❑ Transport terestru: ADR - reglementări privind prescripții legate de transportul în regim rutier al mărfurilor periculoase
- ❑ Transport feroviar: RID - reglementări privind prescripții legate de transportul în regim feroviar al mărfurilor periculoase
- ❑ Transport fluvial: ADN - reglementări privind prescripții legate de transportul în regim fluvial al mărfurilor periculoase
- ❑ Transport aerian: ICAO-TI, IATA-DGR - reglementări privind prescripții legate de transportul în regim aerian al mărfurilor periculoase
- ❑ Transport maritim: IMDG-Code - reglementări privind prescripții legate de transportul în regim maritim al mărfurilor periculoase.

### 2.2.3.2 Legislație națională

În urma dezvoltării domeniului transporturilor rutiere de mărfuri periculoase în țara noastră a crescut segmentul agenților economici și al instituțiilor publice interesate și/sau vizate de prevederile Anexelor A și B ale ADR.

Ca efect al nevoii de armonizare legislativă cu legislația europeană în ceea ce privește transportul de mărfuri periculoase, în vederea facilitării schimburilor economice cu statele din Europa, România a aderat prin Legea nr. 31/1994 la ADR. Ca urmare a decalajului mare de timp referitor la legislație și aplicarea corespunzătoare a acesteia dintre România și celelalte State Europene, la nivel instituțional suntem mult în urmă. Multe state din Europa și-au creat structuri specializate pe domeniul mărfurilor periculoase. Prin adoptarea *Hotărârii Guvernului 1175/2007* pentru aprobarea Normelor de efectuare a activității de transport rutier de mărfuri periculoase în România, a *Ordinului 1044/2003* privind aprobarea Regulamentului pentru desemnarea, pregătirea profesională și examinarea consilierilor de siguranță pentru transportul rutier, feroviar sau pe căile navigabile interioare al mărfurilor periculoase, s-a creat cadrul de aplicare a prevederilor ADR în România, în traficul intern [B4]. Legislația națională prevede existența unui *Consilier de siguranță* pentru fiecare mod de transport și pentru fiecare firmă care execută transport de mărfuri periculoase. Manipularea mărfurilor trebuie să se facă sub supravegherea unui Consilier de siguranță, pregătit și familiarizat cu riscurile pe care mărfurile periculoase le comportă și care trebuie să cunoască măsurile de urgență care trebuie luate în caz de necesitate. Această persoană trebuie să cunoască utilizarea corectă a materialelor de intervenție, implicit a locului de depozitare a acestora.

Exercitarea cu responsabilitate a rolului de autoritate competentă în domeniu revine Ministerului Transporturilor, conform *Ordonanței Guvernului nr. 48/1999*.

În scopul actualizării reglementărilor interne, la 19 august 1999 s-a emis *Ordonanța nr. 49* privind transportul mărfurilor periculoase pe calea ferată.

În prezent, este în vigoare Regulamentul privind transportul internațional feroviar al mărfurilor periculoase (RID), anexa nr. 1 la apendicele B – Reguli



uniforme privind Contractul de transport internațional feroviar al mărfurilor (CIM) – și Convenția cu privire la transporturile internaționale (COTIF), semnată la Berna la 9 mai 1980 și ratificată de România prin *Decretul nr. 100/1983*.

*Ordonanța nr. 49/1999* legiferează aplicarea în continuare a folosirii RID în traficul intern și desemnează Ministerul Transporturilor ca autoritate de stat responsabilă cu aplicarea regulilor COTIF și RID.

Prin *Ordinul nr. 746/1998* al Ministrului transporturilor privind aprobarea Normelor uniforme pentru aplicarea Regulamentului de transport pe căile ferate din România (NUT), s-a aprobat anexa nr. 1, denumită Norme tehnice de transport al mărfurilor periculoase.

Normele tehnice prevăd că la transportul materialelor și obiectelor periculoase pe rețeaua C.F.R., în afară de RID este necesară și respectarea altor regulamente interne, referitoare la transportul materialelor nucleare și radioactive, a armelor și munițiilor, precum și la protecția mediului, norme emise de organele de supraveghere tehnică din România.

Conform *Ordonanței nr. 49/1999*, coordonarea aplicării unitare a prevederilor RID revine Comitetului interministerial pentru transportul mărfurilor periculoase pe calea ferată, al cărei președinte este un reprezentant al Ministerului Transporturilor.

Având în vedere gradul înalt de pericolozitate pe care îl prezintă aceste transporturi pentru mediul înconjurător, în cazul nerespectării reglementărilor, abaterile grave se tratează ca infracțiuni și se sancționează potrivit prevederilor legilor penale. Celelalte abateri, cu un grad mai scăzut de pericolozitate, sunt tratate drept contravenții și sancționate potrivit legii.

Normele aprobate se aplică transporturilor rutiere de mărfuri periculoase efectuate pe teritoriul țării, activităților de control efectuate în transportul rutier de mărfuri periculoase la vehiculele care circulă sau intră pe teritoriul României dintr-un alt stat, precum și controalelor desfășurate în întreprinderi.

Ministerul Transporturilor poate autoriza desfășurarea unor operațiuni ad-hoc de transport rutier de mărfuri periculoase în trafic intern, care să fie interzisă prin anexele la A.D.R., cu condiția ca această operațiune să nu aducă atingere siguranței sau securității și să fie clar limitată în timp și scop. De asemenea, pot fi adoptate, pe perioade ce nu pot depăși 5 ani, derogări de la respectarea anexelor menționate.

### 2.3. Concluzii și contribuții personale

În capitolul al doilea al tezei sunt rezumate conceptele de transport, în general, și caracteristicile transportului de mărfuri periculoase, în particular. Se constată că transportul reprezintă o activitate economică de mare importanță încă de la începuturile civilizației umane. Activitatea de transport, bazată inițial pe forța dezvoltată de om sau animalele de tracțiune a evoluat, astfel încât astăzi există bine reprezentate patru moduri de transport și anume feroviar, rutier, naval și aerian.

Este prezentată distribuția la nivel european a utilizării acestor moduri de transport și se observă că cca. 85% din transporturi se efectuează prin modurile rutier (44%) și aerian (41%). Doar 8%, respectiv 4% revin modurilor feroviar, respectiv fluvial.

În România, distribuția modală a transportului diferă de cea europeană. Preponderent, cu aproximativ 70% din activitate, este transportul rutier, urmat la mare distanță de cel feroviar (12%) și de cele aerian și, respectiv fluvial (ambele cu o pondere de cca. 9%).

Pentru fiecare mod de transport sunt prezentate avantaje și dezavantaje, precum și rețelele naționale disponibile.

În volumul total al mărfurilor transportate se distinge categoria specială a mărfurilor periculoase. Acestea sunt bine definite și clasificate pe grade de pericolozitate, la nivel internațional. România este parte a Acordului European privind transportul rutier internațional de mărfuri periculoase, inițiat în 1957 și dezvoltat prin diverse directive, care au urmărit, în principal, actualizarea normelor în concordanță cu modernizarea vehiculelor și infrastructurii.

Având în vedere ponderea majoritară a transportului rutier în România, se acordă un spațiu extins elementelor caracteristice acestuia. Sunt prezentate tipurile de vehicule și containerele care pot fi utilizate la transportul mărfurilor periculoase. Sunt descrise detaliat clasele de substanțe periculoase și panourile, respectiv etichetele de avertizare care trebuie, conform ADR, să fie atașate vehiculelor sau/și ambalajelor.

Sunt prezentate pe scurt elemente de legislație internațională și națională, care reglementează transportul substanțelor periculoase. Se constată că România a adoptat o serie largă de documente legislative cu privire la transportul mărfurilor periculoase, mai cu seamă ca expresie a integrării în Uniunea Europeană, care impunea armonizarea legislativă cu prioritate într-un domeniu de activitate care este legat de producție, comerț și distribuție de mărfuri și, ca urmare, are un caracter puternic transfrontalier.

Din păcate, normativele de aplicare a legilor au fost, deocamdată, doar parțial elaborate. În plus, implementarea procedurilor care decurg din aceste normative este încă în faza de derulare. Cu precădere, au fost puse în aplicare cerințele formale, care vizează utilizarea unui anumit tip de vehicul și semnalizarea sa conform normelor internaționale.

Măsurile efective de securitate ar trebui concepute și agregate în proceduri standard începând de la nivelul companiilor producătoare, al operatorilor de transport și al companiilor beneficiare, până la nivelul agențiilor de stat, respectiv al guvernului.

Întârzierea în elaborarea și implementarea unor astfel de măsuri concrete sunt cauzate de lipsa finanțării pentru cercetare sau cel puțin studiu al patrimoniului de cunoaștere și pieței internaționale de profil. În plus, incidentele sau accidentele reclamă intervenția unor forțe care aparțin unui număr mare de instituții sau agenții ale statului (poliție, jandarmerie, pompieri, SMURD etc.), care necesită dotări, dar mai ales personal special calificat.

Analizând elementele cu caracter descriptiv de mai sus, rezultă următoarele concluzii:

- ❑ substanțele periculoase reprezintă o categorie specială de mărfuri, al căror transport și activități conexe (depozitare, manipulare la încărcare sau descărcare) necesită măsuri de siguranță suplimentare în raport cu alte tipuri de mărfuri
- ❑ legislația internațională, respectiv europeană a fost asimilată în România printr-o serie de legi sau hotărâri de guvern, special elaborate
- ❑ legile sau normativele internaționale, respectiv autohtone se referă preponderent la clasificarea substanțelor în clase de pericolozitate și impun elemente de tipul panourilor și etichetelor de avertizare, în care se regăsește o codificare unitară, accesibilă tuturor țărilor care sunt părți ale ADR
- ❑ legislația internațională se referă strict la pericolozitatea substanțelor prin grad de toxicitate, susceptibilitate la explozie, potențialul distructiv ecologic

etc., dar nu oferă metode de evaluare a riscului pentru întreg procesul de transport și activitățile conexe

- ❑ de asemenea, nu există recomandări privind managementul activității de transport în cazul substanțelor periculoase. Fiecare stat sau companie de transport trebuie să își optimizeze activitatea de transport al mărfurilor periculoase, luând în considerare criteriul specific al riscului, pe lângă criteriile generale privind gradul de încărcare, viteza de transport, costul etc.
- ❑ din punct de vedere al politicii transporturilor, România trebuie să continue procesul de compatibilizare al legislației interne cu acquis-ul comunitar care cuprinde legile și acordurile internaționale la care România este parte și trebuie să participe activ la elaborarea de legi prin formarea și trimiterea de specialiști la Comisia Economică pentru Europa (ECE) de pe lângă Organizația Națiunilor Unite
- ❑ în prezent, în România, legislația în domeniul mărfurilor periculoase nu corespunde în totalitate cerințelor din Uniunea Europeană. Cauzele sunt multiple, pornind de la simpla ignoranță până la lipsa de voință politică. De asemenea, lipsa de specialiști în acest domeniu relativ nou are un impact puternic negativ
- ❑ în România absența unui sistem de management optimizat al transportului de mărfuri periculoase reprezintă o verigă slabă situată între legislația privind mărfurile periculoase în sine și procedurile bine organizate pentru intervenția în cazul unor incidente. Acestea din urmă presupun conlucrarea specialiștilor din cadrul Inspectoratului pentru Situații de Urgență, care implică, după caz, forțe provenite din unitățile de pompieri, SMURD, Inspectoratul de Poliție, Jandarmerie etc. Accidentele se pot produce din cauze foarte diverse, cum ar fi arimarea incorectă a mărfurilor, deversările accidentale, alegerea unor containere improprie, accidente rutiere etc.
- ❑ având în vedere faptul că în țara noastră transportul rutier are o pondere covârșitoare, eforturile de optimizare și eficientizare trebuie îndreptate cu întâietate spre acest mod de transport.

Având în vedere observațiile de mai sus, prezenta teză își propune următoarele obiective:

- ❑ elaborarea unei metode de evaluare a riscului în transportul rutier al substanțelor periculoase
- ❑ stabilirea unor criterii de optimizare a managementului transportului rutier de mărfuri periculoase
- ❑ determinarea unor algoritmi specifici logisticii asociate transportului de mărfuri periculoase
- ❑ propunerea unor soluții de creștere a siguranței în cazul transportului în containere cub a substanțelor periculoase
- ❑ elaborarea unor recomandări (lege ferenda) privind legislația în domeniul depozitării, transportului, pregătirii profesionale continue a personalului cu atribuții în acest domeniu.

În prezentul capitol contribuțiile autorului se rezumă la sintetizarea unui material vast și puternic interdisciplinar, care include ingineria mecanică, chimia, managementul transporturilor, legislația internațională, europeană și autohtonă referitoare la transportul substanțelor periculoase și altele. De asemenea, se semnalează incoerențe, inadvertențe, goluri legislative și normative, și, respectiv absența unor aplicații tehnice specifice.

### **3. Evaluarea riscului în cazul transportului de mărfuri periculoase**

#### **3.1. Considerații generale privind riscul asociat transportului de mărfuri periculoase**

*Riscul*, în general, reprezintă o măsură a unor potențiale pierderi economice, de vieți omenești sau degradări de mediu, atât în termeni de probabilitate a unui eveniment, cât și de mărime a pierderilor, rănilor sau poluării.

Riscul, în transportul de mărfuri periculoase, estimează probabilitatea producerii unor dezastre la transportul unui anumit volum de substanță periculoasă, pe diferite rute ale unei rețele de transport. Conceptul de risc implică două componente fundamentale, și anume, frecvența accidentelor și, respectiv consecințele lor.

Evaluarea cantitativă a riscului constă într-o estimare numerică a frecvenței evenimentelor de tipul dezastrului și a consecințelor acestuia, prin utilizarea a diverse modele matematice.

Riscul asociat transportului este determinat, în principal, de gradul de pericolozitate al substanței transportate. Numerele de identificare a pericolelor, precum și etichetele de avertizare asociate, indică într-o manieră generică niște subclase ale substanțelor periculoase. Astfel, numărul 223, de exemplu, semnifică prezența unei substanțe de tipul "gaz lichefiat refrigerat, combustibil (cu favorizarea incendiului)". Sub această etichetare generală se înscriu, însă, un număr foarte mare și divers de substanțe, cu efecte diferite asupra oamenilor și mediului.

Desigur, de cea mai mare importanță este stabilirea riscului asupra sănătății omului. În acest caz, riscul trebuie evaluat calitativ și apoi cuantificat, luând în considerare pericolele potențiale prin expunere, sub orice formă la contactul cu agenții chimici.

Efectele periculoase pentru sănătatea umană, rezultate prin utilizarea necorespunzătoare a substanțelor/preparatelor chimice periculoase, au fost clasificate în clasele de efecte:

- letale acute
- ireversibile neletale, în urma unei singure expuneri
- grave, în urma expunerii repetate sau prelungite
- corozive, cu efecte iritante
- sensibilizante
- cancerigene, cu efecte mutagene, cu efecte toxice pentru reproducere.

Obiectivul principal al evaluării riscurilor mărfurilor/substanțelor periculoase este furnizarea unei baze de date credibile pentru a putea decide măsurile de siguranță/securitate adecvate (managementul riscului) în funcție de utilizările specifice.

Stabilirea riscului stă la baza managementului acestuia. Managementul riscului utilizează informații rezultate din activitatea de evaluare, pe care le coroborează cu alte elemente, cum ar fi măsurile de prevenire existente sau potențial implementabile, costurile creșterii gradului de siguranță etc.

Statele dezvoltate economic și-au permis desfășurarea unor programe extinse, desfășurate prin agenții guvernamentale [P2]. În prima etapă, aceste programe trebuie să identifice exact efectul unei substanțe date asupra diferitelor organe ale corpului omenesc (piele, ochi, ficat etc.), urmând ca în etapa următoare să se stabilească dozele de expunere maxim admise, precum și efectele expunerii la doze mai mari și în evoluție temporală. Desfășurarea unor astfel de programe complexe necesită finanțări consistente și colaborarea unei game largi de specialiști care include toxicologi, chimiști, fizicieni, matematicieni etc. În general, rezultatele obținute prin aceste programe sunt publice și accesibile prin rețeaua internet. Câteva baze de date cuprinzătoare au fost puse la dispoziția publicului de:

- ❑ Agenția pentru substanțe toxice și registrul bolilor SUA (ATSDR) [W2]
- ❑ Agenția de protecția mediului (EPA) prin Sistemul de management al informației despre mediu SUA (EIMS) [W3]
- ❑ Rețeaua globală de informație asupra substanțelor chimice Japonia (GINC) [W4]
- ❑ RiskWorld (SUA) [W5]
- ❑ Baza de date EXTOWNET (University of California-Davis, Oregon State University, Michigan State University, Cornell University, and the University of Idaho) [W6]
- ❑ Agenția de protecția mediului (EPA) prin Programul Factori de Expunere (SUA) [W7]
- ❑ Excelența în Toxicologie pentru stabilirea riscului (SUA) [W8]
- ❑ C&L – Inventory Database (DE) [W19].

În România încă nu există proiecte de mare anvergură, care să studieze, să descrie, să clasifice și să publice baze de date cu caracter cuprinzător. Majoritatea proiectelor în desfășurare vizează calitatea mediului și se referă la teritorii restrânse, supunând studiului substanțe specifice solului, apei și aerului din zona de interes.

Indiferent de extensia bazei de date și a mulțimii de detalii pe care o oferă aceasta, cuantificarea riscului contaminării cu o anumită substanță se practică pe baza unor grile empirice. Acestea includ un set de criterii cărora li se atribuie un punctaj, pe o scară care este la latitudinea autorului grilei [W9], [W10], [M1].

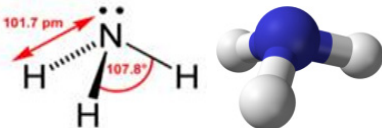
Se propune, în continuare, o grilă originală, complexă, care are în vedere incidentele din traficul rutier și efectele lor potențiale atât asupra oamenilor, cât și asupra mediului. În figura 3.1 este prezentat modelul acestei grile.

Spre exemplu, se prezintă o fișă de evaluare pentru riscul în transportul amoniacului (fig. 3.2), pentru care sunt disponibile datele din tabelul 3.1.

FIȘA DE EVALUARE A RISCULUI ÎN CAZUL INCIDENTELOR RUTIERE LA TRANSPORTUL MĂRFURILOR PERICULOASE			
Numele substanței:			
Număr de pericol:			
Număr ONU:			
Date de identificare a locului incidentului			
	Scor (0...5)		Scor (0...5)
Natura pericolului		Modul de contaminare a mediului	
exploziv		infiltrare în sol	
inflamabil		scurgere în ape	
toxic		degajare în atmosferă	
coroziv			
iritant			
alergen			
carcinogen			
mutagenic			
alte pericole			
Modul de expunere		Durata estimată a efectului de contaminare a mediului	
ochi		scurtă	
piele		medie	
inhalare		lungă	
ingestie			
șoc mecanic			
Durata de expunere		Pierderi materiale	
scurtă		ne semnificative	
medie		medii	
lungă		mari	
Total scor:			
Risc			
Foarte mic (1...6)			
Mic (7...12)			
Moderat (13...28)			
Înalt (19...24)			
Foarte înalt (25...30)			
Numele evaluatorului			
Semnătura evaluatorului		Data evaluării:	

Fig. 3.1 Model de Fișă de evaluare a riscului

Tabelul 3.1 Caracteristicile amoniacului

Denumire a caracteristicii	Descriere
Numele substanței	Amoniac
Formula chimică	NH <sub>3</sub>
Structură	<p>Molecula de amoniac are o structură piramidal-trigonală, având suprafețe tetraedrice, care au într-un vârf un atom de azot cu o pereche liberă de electroni [W12].</p> 
Proprietăți fizico-chimice	<p>Amoniacul are densitatea <math>\rho = 0,771 \text{ kg/m}^3</math>, punctul de topire/fierbere <math>-77.73/-33^\circ\text{C}</math> și este ușor solubil în apă (541 g/l). La temperatura de <math>0^\circ\text{C}</math> se dizolvă 90.7 g amoniac în 100 ml de apă și rezultă o soluție cu un miros înțepător. Este solubil nu numai în apă, ci și alcool sau acetonă și este greu solubil în hexan. Starea de agregare a amoniacului este gazoasă, având proprietățile chimice ale unei baze toxice cu miros înțepător, mai ușor ca aerul. Amoniacul sub formă de gaz într-un amestec între 15,5% - 30 % cu aerul este exploziv. La contactul cu suprafețe cu o temperatură de peste <math>630^\circ\text{C}</math> se descompune în apă și azot, reacție de descompunere care este catalizată prin prezența metalelor, care coboară temperatura de descompunere de la <math>630^\circ\text{C}</math> la <math>300^\circ\text{C}</math>. Amoniacul are un caracter amfoter. El formează baze prin acceptare de protoni dând naștere la ioni ai sărurilor de amoniu, sau are proprietăți acide prin pierdere de protoni în prezența bazelor tari formând ioni de amide:</p> $\text{NH}_3 + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{NH}_2^- \quad (3.1)$ <p>În contact cu oxidul de clor, iod, brom sau acid fluorhidric se poate aprinde sau chiar poate exploda. La temperaturi de peste <math>800^\circ\text{C}</math> se descompune în N și H.</p>
Mod de producere	<p>Producerea pe scară industrială a amoniacului este realizată într-un procent de 90% din azot și hidrogen (în raport de 1:3) după procedeul Haber-Bosch, procedeul descoperit de chimiștii germani Fritz Haber (1868-1934) și Carl Bosch (1874-1940). Prin acest procedeu se obține amoniacul dintr-un amestec gazos de hidrogen și azot, în prezența unui catalizator de oxid de fier Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> și bioxid de siliciu SiO<sub>2</sub> supus la o presiune de 300 bari și o temperatură de <math>450^\circ\text{C}</math>, prin reacția: <math>\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3</math> (3.2)</p>
Utilizare	<p>Amoniacul este unul din principalele produse ale industriei chimice. În prezent producția mondială de amoniac ajunge la cca. 125 milioane tone, cu un consum de aproximativ 3% din energia produsă pe globul pământesc. Cea mai mare parte a cantității de amoniac este folosită pentru îngrășămintele chimice cu azot. Amoniacul lichid este utilizat: la agregatele frigorifice; la distilare fracționată în cercetarea carbonului (Institutul Max Planck Germania); în industria textilă; la plasticizarea lemnului prin tratare cu o soluție cu amoniac; în metalurgie ca gaz de protecție în timpul tratării termice a metalului; în curățătorile chimice sub formă de soluție activă; în urma acțiunilor de dezinfectare, la neutralizarea clorului sau formaldehidei (formolului); la curățarea aerului de fumul produs de emisia motoarelor cu ardere internă; în medicină sau industria farmaceutică la prepararea de medicamente; în producerea explozivilor.</p>
Efecte biologice nocive	<p>Gazul de amoniac are acțiune caustică în contact cu suprafețele umede, fiind iritant al pielii, mucoaselor căilor respiratorii, digestive sau ochilor. O concentrație de amoniac de 0.5% în aerul inspirat produce în timp de 30-60</p>

	de minute moartea. O acțiune patogenă a amoniacului se poate manifesta la nivelul stomacului, organ în care favorizează dezvoltarea bacteriei <i>Helicobacter pylori</i> , o cauză frecventă a ulcerului gastric. Amoniacul agrează organele respiratorii și glandele lacrimale, concentrația maximă admisă în aer fiind de 0.02g/m <sup>3</sup> . Amoniacul ca substanță toxică, în stare gazoasă, provoacă iritarea ochilor, a pielii și a mucoaselor, iar în stare lichidă, provoacă arsuri grave.
Transport și ambalare	Amoniacul se transportă în vase închise, în stare lichidă. La suprafața lichidului, trece în stare gazoasă și ajunge la presiunea de 7.7 atm (la 20°C) sau 14.9 atm (la 40°C). Ambalajele pentru transport pot fi butelii, tuburi, butoaie sub presiune și cadre de butelii.

FIȘA DE EVALUARE A RISULUI ÎN CAZUL INCIDENTELOR RUTIERE LA TRANSPORTUL MĂRFURILOR PERICULOASE			
Numele substanței:	Amoniac (NH <sub>3</sub> ) în soluție apoasă de densitate mai mică de 0.880 kg/m <sup>3</sup> la 15°C, conținând peste 35% dar cel mult 50% amoniac		
Număr de pericol:	223 clasa 2 - gaze		
Număr ONU:	UN 2073		
Date de identificare a locului incidentului	-		
	Scor (0...5)		Scor (0...5)
Natura pericolului	5	Modul de contaminare a mediului	3
exploziv	x	infiltrare în sol	
inflamabil	x	scurgere în ape	
toxic	x	degajare în atmosferă	x
coroziv	x		
iritant	x		
alergen			
carcinogen			
mutagenic			
alte pericole			
Modul de expunere	4	Durata estimată a efectului de contaminare a mediului	4
ochi	x	scurtă	
piele	x	medie	
inhalare	x	lungă	x
ingestie			
șoc mecanic	x		
Durata de expunere	3	Pierderi materiale	3
scurtă		nesemnificative	
medie	x	medii	x
lungă		mari	
Total scor:			
Risc			
Foarte mic (1...6)			
Mic (7...12)			
Moderat (13...28)			
Înalt (19...24)	23		
Foarte înalt (25...30)			
Numele evaluatorului	ing. E. Bușa	Data evaluării:	
Semnătura evaluatorului			

Fig. 3.2 Model de Fișă de evaluare a riscului – exemplu



Fișa de evaluare a riscului este recomandabil să fie întocmită de către Consilierul de Siguranță, care conlucrează cu Coordonatorul de transport, persoane autorizate de către Autoritatea Rutieră Română pentru fiecare operator de transport de pe teritoriul României.

O alternativă de evaluare a riscului este utilizarea calculatoarelor de management al riscului, în general, asociind parametrilor variabili disponibili, elemente specifice transportului de substanțe periculoase.

Ca exemplu, se prezintă calculatorul de risc oferit pe piața de management de programul australian Health & Safety, pe site-ul programului [www.safetyrisk.com.au](http://www.safetyrisk.com.au) [W13].

Calculatorul de risc ia în considerare trei parametri (probabilitatea, expunerea și consecințele) și furnizează un scor asociat unui nivel de risc, pe o scară neliniară în intervalul (2...10000), care încadrează riscul în cinci categorii (scăzut, moderat, substanțial, înalt și foarte înalt).

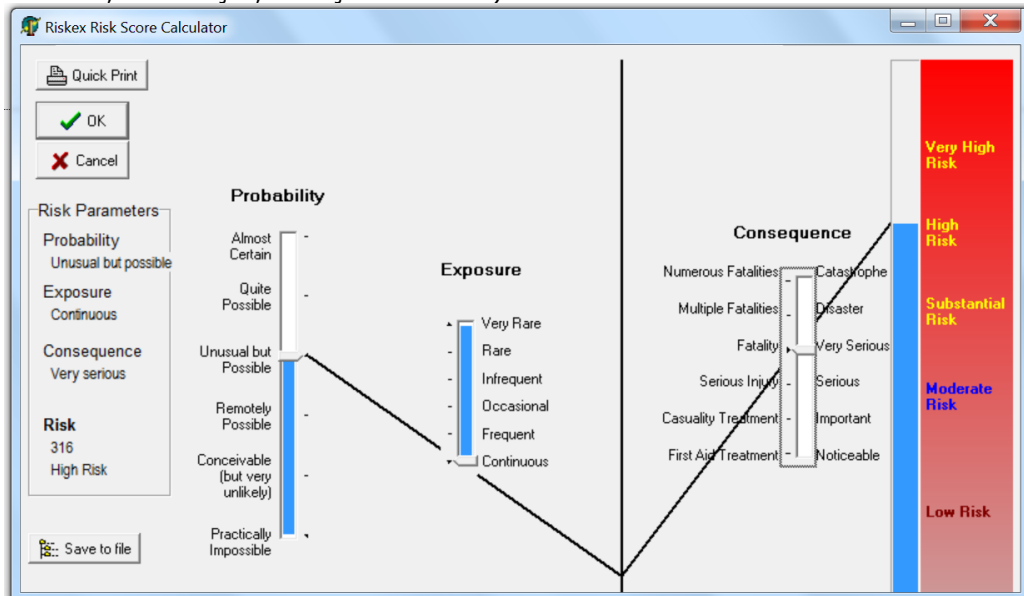


Fig. 3.3 Rezultatul calculatorului de risc în cazul incidentului cu un deces

În cazul transportului de mărfuri periculoase, parametrul probabilitate poate fi asociat cu probabilitatea apariției unui incident sau accident. Având în vedere faptul că din punct de vedere strict statistic, incidentele sau accidentele rutiere reprezintă evenimente rare, se consideră adecvată alegerea treptei "neuzual dar posibil" (Unusual but Possible).

Parametrul expunere se acceptă la nivel continuu, având în vedere că substanțele periculoase întotdeauna produc pagube materiale, răniri, mutilări sau decese și degradări ale mediului. Ca urmare se consideră corectă setarea parametrului expunere la valoarea logică "continuu".

Al treilea parametru, consecințele, sunt grupate în șase categorii (notabile, importante, foarte serioase, dezastuoase și catastrofice) și sunt echivalate cu grade diferite de afectare a populației umane (tratament de prim ajutor, tratament substanțial al victimelor, răniri grave, deces, multiple decese și decese numeroase). Valoarea acestui parametru depinde, în principal, de substanța periculoasă și efectele potențiale ale acesteia.

Dacă se reconsideră exemplul anterior al transportului de amoniac și un posibil deces al șoferului, care este cel mai aproape de locul incidentului, rezultă un scor care corespunde unui risc înalt. În figura 3.3 este redat un print-screen al calculatorului de risc, setat conform descrierii de mai sus.

Dacă în aria incidentului se află mai multe persoane (alte autovehicule în trafic sau apariția incidentului într-o localitate) atunci pot rezulta mai multe decese și riscul trece în categoria "Risc foarte înalt".

Se observă faptul că rezultatele obținute prin fișa de evaluare propusă și cele furnizate de calculatorul de risc pentru cazul amoniacului, coincid.

Diminuarea riscului se poate realiza numai prin măsuri de siguranță. Acestea însă presupun investiții, care sunt cu atât mai eficiente din punct de vedere al siguranței, cu cât sunt mai mari din punct de vedere financiar. Operatorii de transport pot opta pentru riscuri mici numai în măsura în care își permit investiții costisitoare.

Riscul, care rezultă prin efectul cumulat al unui număr foarte mare de factori, de multe ori imposibil de previzionat sau prezenți în combinații favorabile incidentelor, nu poate fi niciodată eliminat.

Diminuarea riscului se poate realiza prin măsuri de *securitate*, care vizează dotarea autovehiculelor, sistemele de încărcare/descărcare, ambalajele și arimarea acestora în containere, legi, normative și regulamente, care să împiedice furtul, utilizarea eronată sau în scopuri teroriste a substanțelor periculoase.

Țările din Uniunea Europeană și-au sporit interesul pentru creșterea securității cu privire la mărfurile periculoase și datorită creșterii acțiunilor teroriste din Europa. Ca urmare, nouă asociații, reprezentând o mare parte din domeniul producerii, transportului, distribuției și expedierii implicate în transportul mărfurilor periculoase, au colaborat în vederea realizării unui Ghid privind Securitatea Mărfurilor Periculoase în domeniul industrial. Ghidul a fost elaborat de către un grup de experți care a utilizat experiența Marii Britanii și Germaniei în numeroase sectoare industriale. Documentul oferă întreprinderilor implicate în transportul rutier al mărfurilor periculoase o listă de opțiuni cu privire la modalitățile de a pune în practică respectarea cerințelor capitolului 1.10 din ADR. Totuși, fiecare companie poate să aleagă mijloacele adecvate și eficiente cu posibilitățile de care dispune, raportate la riscurile la care se expun, și în funcție de condițiile specifice în care lucrează.

Măsurile privind securitatea trebuie să fie parte integrantă din sistemul de management al siguranței și calității din cadrul fiecărei companii implicate în transportul mărfurilor periculoase. Totuși, modul specific în care se concretizează depinde de fiecare activitate în parte, în cadrul operațiunii de transport cu evaluarea riscurilor și rezultatele posibile. De exemplu, măsurile luate de o companie aflată într-o zonă rezidențială sau în apropierea unui coridor de transport strategic pot fi foarte diferite față de măsurile luate de o companie care funcționează într-un spațiu deschis, nepopulat.

Cu caracter informativ, se prezintă în figura 3.4 calculatorul costurilor micșorării riscului.

Se observă că scăderea riscului din categoria „înalt” cu 50% presupune cheltuieli moderate, de cca. 1000\$, care în cazul analizat trebuie investiți, în principal, în sisteme de sesizare și oprire a desfășurării reacțiilor chimice, precum și în instruirea personalului de încărcare/descărcare, a șoferului și Consilierului de securitate etc.

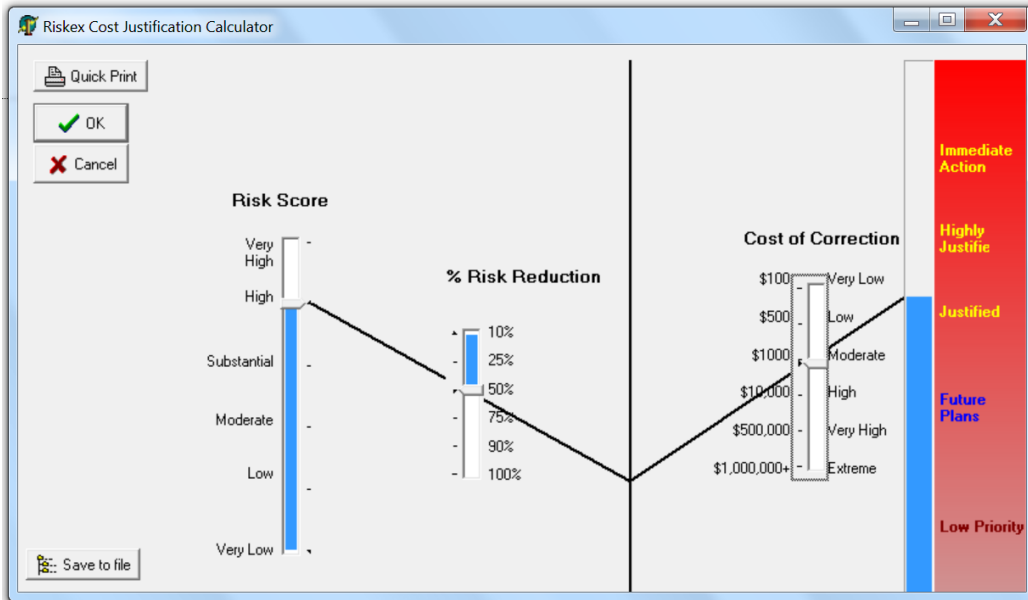


Fig. 3.4 Costul estimativ al reducerii cu 50% al unui risc cu scor înalt

În România, situația securității mărfurilor periculoase este practic la un nivel deosebit de scăzut față de alte țări din Europa. Penuria de personal calificat, în transportul rutier, feroviar și maritim, problemele specifice de asigurare a securității în traficul aerian, absența măsurilor de prevenire a impactului negativ asupra mediului, dotarea minimă a vehiculelor pentru diminuarea consecințelor în cazul unui incident sunt doar câteva dintre problemele pe care le ridică transportul mărfurilor periculoase.

Gradul de implementare a măsurilor de siguranță la noi în țară este relativ scăzut, cu precădere în domeniul transportului rutier (fig. 3.5).

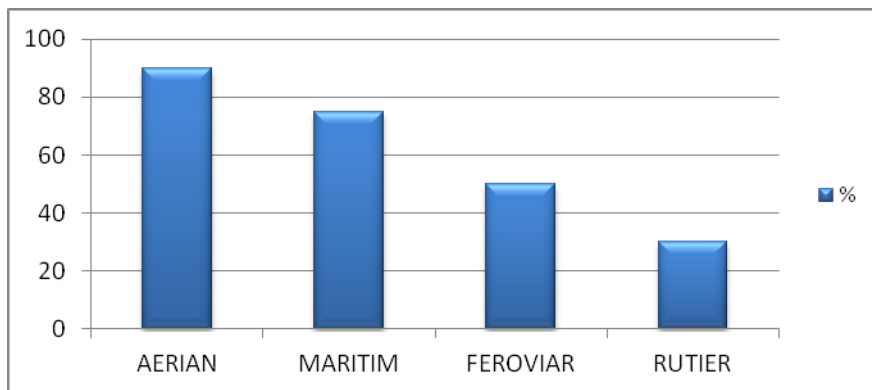


Fig. 3.5 Gradul de implementare a măsurilor de securitate în România, pe criteriul modului de transport

Securitatea în transporturile de mărfuri periculoase vizează o multitudine de factori care pot influența direct sau indirect condițiile de desfășurare a activității în acest domeniu. Astfel, calificarea și profesionalismul personalului din transporturile de mărfuri periculoase, educația rutieră a tuturor participanților la trafic, starea tehnică și dotările autovehiculelor care transportă mărfuri periculoase, calitatea infrastructurii sunt elemente care contribuie la desfășurarea circulației rutiere în condiții optime.

### 3.2. Elemente de modelare matematică a riscului

Modelarea matematică a riscului este o preocupare relativ nouă, care are o istorie de mai puțin de două decenii. În domeniul riscului la transportul mărfurilor periculoase există câteva modele, care sunt prezentate și discutate în continuare.

*Legea clasică a riscului* [A3] definește o funcție simplă, TR (transportation risc), care însumează pe tronsoanele  $i$  ale unei rute, produsul dintre probabilitatea unui incident  $p_i$  și a consecințelor  $C_i$ , sub forma:

$$TR(r) = \sum_{i \in r} p_i C_i . \quad (3.3)$$

*Legea expunerii populației* [R1], propusă pentru evitarea catastrofelor, estimează riscul numai prin numărul de persoane potențial afectate de expunerea la substanțe toxice, prin expresia funcției PE (population exposure):

$$PE(r) = \sum_{i \in r} D_i . \quad (3.4)$$

*Legea incidenței probabilității* [S3] ia în considerare numai probabilitatea unui incident pe tronsoanele unei rute prin funcția IP (incident probability):

$$IP(r) = \sum_{i \in r} p_i . \quad (3.5)$$

*Legea riscului previzibil* [A4] introduce un exponent al consecințelor, pentru diferențierea acestora pe diferite tronsoane, prin expresia PR (perceived risk):

$$PR(r) = \sum_{i \in r} p_i C_i^q . \quad (3.6)$$

*Legile medie-varianță, non-utilitate și minimax* sunt introduse de aceeași autori [E1] ca modele matematice-suport pentru evitarea catastrofelor. Legile medie varianță (MV – mean-variance) și nonutilitate (DU – disutility) introduc un coeficient de siguranță  $k$ , în timp ce legea minimax (MM) consideră primordial criteriul consecințelor maxime. Cele trei legi au expresiile:

$$MV(r) = \sum_{i \in r} (p_i C_i + k_s p_i C_i^2), \quad (3.7)$$

$$DU(r) = \sum_{i \in r} p_i (\exp(k_s C_i) - 1), \quad (3.8)$$

$$MM(r) = \max_{i \in r} C_i . \quad (3.9)$$

Toate funcțiile de risc, în expresia cărora apare probabilitatea  $p_i$ , consideră că deplasarea vehiculului încetează în cazul apariției unui accident pe tronsonul  $i$ . În acest caz, la pierderile materiale produse în mod direct de accident se ia în considerare și costul unui nou transport, cu încărcătură similară.

Legile prezentate mai sus aparțin unor autori canadieni sau australieni. Țările din America de Nord și Australia au acordat un interes deosebit managementului riscului și al transportului mărfurilor periculoase, în general, având în vedere extinderea foarte mare a teritoriului lor. Rutele foarte lungi, pe arii puțin populate au impulsionat cercetările legate de risc mai ales pentru a crea o rețea de intervenție eficientă în caz de incident [H1].

Fiecare țară, în funcție de condițiile specifice (relief, trafic, gradul de răspândire al activității de transport, potențial economic, investiții în cercetare etc.) poate să își determine modele matematice adecvate. În relațiile (3.3)...(3.9) probabilitatea unui accident, notată cu  $p$ , poate fi foarte diferită de la un stat la altul. În America de Nord, de exemplu, această probabilitate are valoarea medie  $10^{-6}$  incidente/km de drum [H2].

În România, preocupările în domeniul cercetării riscului în transporturi de mărfuri periculoase se află în fază incipientă, astfel încât nu pot fi citate surse autohtone în domeniu.

Statisticile privind numărul, cauzele și dinamica accidentelor sunt elaborate de către Poliția Română. În figura 3.5 sunt redate tabelar și grafic datele oferite public de către această instituție [W14].

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ACCIDENTE	7300	7234	6689	7068	7211	7164	8505	10645	10214	9253	9290
MORTI	2451	2410	2229	2444	2629	2587	2800	3065	2797	2377	2018
RANITI GRAV	6072	5973	5585	5774	5885	5780	7091	9403	9097	8509	8768

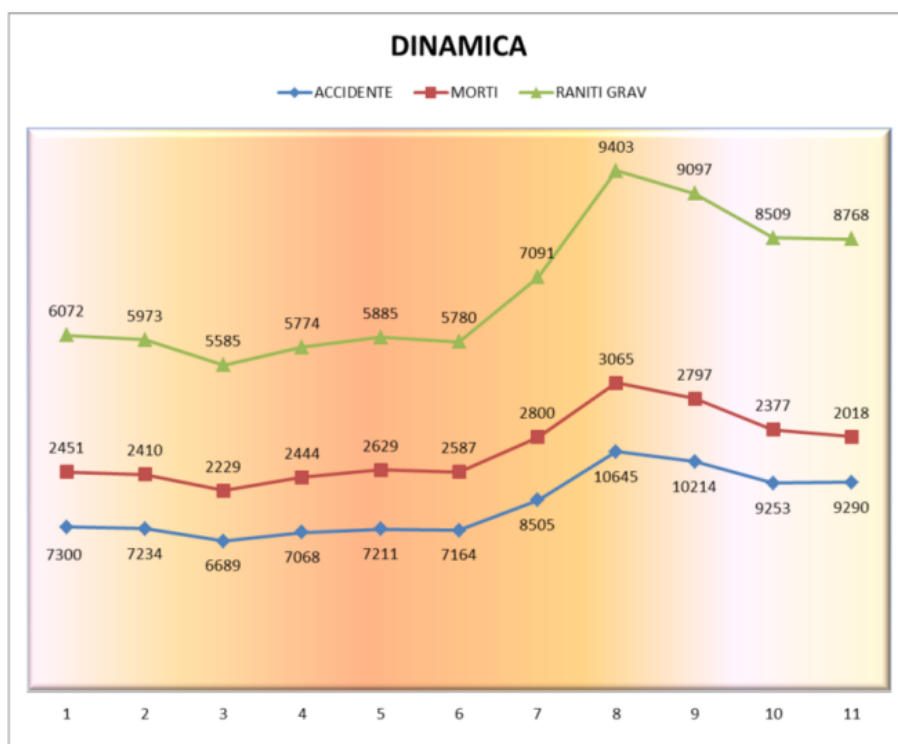


Fig. 3.5 Numărul accidentelor rutiere și dinamica lor în perioada 2001 – 2011

La accidente rutiere, precum și la toți indicatorii asociați, România se află pe ultimul loc în Uniunea Europeană. Cele mai multe accidente sunt puse pe seama unei infrastructuri subdimensionate în raport cu volumul de trafic, la care se adaugă starea și sistemul incomplet de semnalizare a drumurilor, nerespectarea legislației etc.

Harta drumurilor cu cele mai frecvente accidente [W15] este prezentată în figura 3.6.

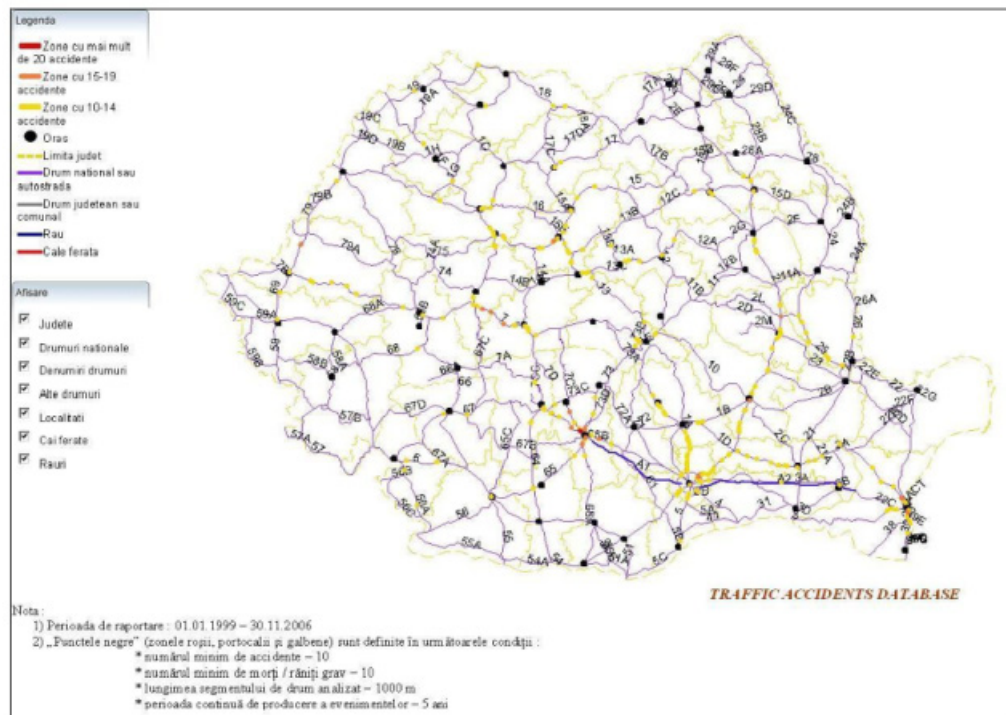


Fig. 3.6 Harta drumurilor cu cele mai frecvente accidente

În condițiile date ale țării noastre și în absența unor statistici referitoare la accidentele în care sunt implicate autovehiculele care transportă mărfuri periculoase este dificil de modelat riscul asociat acestui tip de transport.

Se propune, totuși, un prim model, care pornește de la următoarele ipoteze:

- o rută de transport este constituită din mai multe tronsoane cu potențial de incidente diferit
- pe un tronson dat media accidentelor pe kilometrul parcurs este constantă
- deși traficul este foarte aglomerat, accidentele sau incidentele sunt, din punct de vedere al statisticii, niște evenimente rare
- riscul asociat parcurgerii unei rute rezultă prin însumarea riscurilor înregistrate pe tronsoanele componente.

În aceste condiții, se propune acceptarea unui model bazat pe distribuția exponențială, cunoscută fiind ca descriptor al evenimentelor rare.

Pentru o distribuție exponențială a evenimentelor, în general, probabilitatea favorabilă unui eveniment de rang  $k$ , dintr-un șir descris de numerele naturale  $0, 1, 2, \dots$  este:

$$P(k) = \frac{(\lambda)^k (e^{-\lambda})}{k!}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (3.10)$$

unde  $\lambda$  reprezintă media distribuției.

Considerând ruta ca o sumă de  $n$  tronsoane  $l_i$ ,  $i=1\dots n$ , având media accidentelor  $\lambda_i$ , probabilitatea ca un număr  $k$  de accidente să aibă loc pe întregul parcurs, este:

$$P(k) = \sum_{i=1}^n \frac{(\lambda_i l_i) (e^{-\lambda_i l_i})}{k!}. \quad (3.11)$$

Modelul are sens numai pentru  $k=1$ , având în vedere faptul că la primul accident, indiferent care este tronsonul, cursa încetează. Astfel, forma finală a modelului este:

$$P = \sum_{i=1}^n (\lambda_i l_i) (e^{-\lambda_i l_i}). \quad (3.12)$$

Spre exemplificare, se presupune un parcurs de 1000 km, care are patru tronsoane cu media accidentelor diferită. Datele numerice sunt prezentate în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2 Date numerice de ilustrare a modelului matematic de risc

Tronson	1	2	3	4
$\lambda$ [accidente/km]	1.00E-05	1.00E-04	1.50E-04	1.00E-05
$l$ [km]	100	250	250	400
$P_i$	9.99E-04	2.44E-02	3.61E-02	3.98E-03
$P$	6.55E-02			

Se observă faptul că probabilitatea unui accident, respectiv riscul la cursa de 1000 km este de 6.55%.

### 3.3. Concluzii și contribuții personale

În capitolul al treilea al tezei au fost tratate probleme de risc asociat transportului de mărfuri periculoase. În acest caz particular, riscul estimează probabilitatea producerii unor dezastre la transportul unui anumit volum de substanță periculoasă, pe diferite rute ale unei rețele de transport. Conceptul de risc implică două componente fundamentale, și anume, frecvența accidentelor și, respectiv consecințele lor.

Evaluarea riscului presupune determinarea probabilității de producere a unui dezastru, precum și consecințele expunerii la efectele acestuia.

Pentru evaluarea riscului este necesară, în primul rând, cunoașterea proprietăților fizico-chimice ale substanței transportate, precum și transformările care pot avea loc în cazul modificărilor unor parametri cum ar fi temperatura, contactul cu aerul sau apa, șocul mecanic etc. În al doilea rând, trebuie cunoscute efectele directe ale contaminării, indiferent pe ce cale, a organismului uman, precum și cele de durată, ca urmare a răspândirii substanței periculoase în sol, apă sau aer.

Tratatele internaționale și ONU au introdus o taxonomie relativ simplă, de clasificare în categorii generice de substanțe periculoase. Știința chimiei vine în

sprijinul cunoașterii proprietăților fizice și chimice, precum și a comportării în diverse condiții a tuturor substanțelor produse industrial. În ceea ce privește *interacțiunea substanță - om* există încă mari lacune de cunoaștere.

În statele dezvoltate, cu potențial economic, financiar și de cercetare ridicat, se desfășoară programe de studiu care să arate cu precizie dozele suportabile de către organismul uman, dar mai ales efectele imediate și de durată în cazul expunerii la doze mai mari decât cele biologic tolerabile. Aceste studii sunt disponibile în baze de date online.

România nu și-a permis astfel de studii decât în proiecte de mică anvergură, care vizează, în principal, contaminarea unor teritorii restrânse.

Indiferent de gradul de cunoaștere în domeniu, aprecierea riscului este o sarcină limitată la nivel național. Nu există proceduri internaționale agreate de comunități mai largi, cum ar fi Uniunea Europeană, care să impună un anumit tip de algoritm.

În lucrare se propune o *grilă originală*, cu caracter complex, care are în vedere incidentele din traficul rutier și efectele lor potențiale atât asupra oamenilor, cât și asupra mediului. Fișa de evaluare propusă conține șase criterii, pentru care se acordă un punctaj cuprins între [0...5]. Prin însumarea scorurilor parțiale rezultă un scor total cuprins în intervalul [0...30]. Funcție de scorul total, se propun șase niveluri de risc: foarte mic, mic, moderat, înalt și foarte înalt.

Spre exemplificare, grila este completată pentru substanța „amoniac”, care în prealabil, este descrisă din punct de vedere chimic și al elementelor cunoscute în ceea ce privește efectele nocive asupra vieții. Completarea grilei conduce la concluzia că amoniacul este o substanță periculoasă cu risc înalt.

Ca alternativă, se prezintă un *calculator de risc* utilizat în management, adaptat la situația particulară a substanțelor periculoase. Cele trei variabile independente ale calculatorului (probabilitatea, expunerea și consecințele) sunt asociate cu probabilitatea de apariție a unui accident, expunerea oamenilor la substanța periculoasă, respectiv consecințele accidentului asupra vieții. Pentru același exemplu al amoniacului, rezultă un grad similar de risc (înalt), ceea ce demonstrează că se poate utiliza un calculator general al riscului, cu condiția atribuirii corecte a valorilor logice, avantajul constând în viteza de obținere a rezultatului.

Diminuarea riscului se poate realiza prin măsuri de siguranță sau securitate, care presupun pe lângă know-how și investiții materiale. Calculatorul costurilor micșorării riscului, indică, pentru o diminuare cu 50% a riscului, o investiție de aproximativ 1000\$, care vizează, după caz, dotarea autovehiculelor, sistemele de încărcare/descărcare, ambalajele și arimarea acestora în containere, legi, normative și regulamente, care să împiedice furtul, utilizarea eronată sau în scopuri teroriste a substanțelor periculoase.

În partea a doua a capitolului sunt discutate elemente de modelare matematică a riscului. Această activitate de cercetare, cu caracter matematic – ingineresc are o istorie scurtă, care se măsoară în mai puțin de două decenii și își are originile în țări ca Australia și Canada. Aceste țări au acordat un interes deosebit managementului riscului și al transportului mărfurilor periculoase, în general, având în vedere extinderea foarte mare a teritoriului lor. Rutele foarte lungi, pe arii puțin populate au condus cercetările legate de risc mai ales pentru a crea o rețea de intervenție eficientă în caz de incident.

Sunt prezentate și discutate șase legi de modelare matematică a riscului în transportul mărfurilor periculoase. Acestea apelează, în general probabilitatea unui accident pe un tronson al unei rute și consecințele acestuia. Modelele au un caracter



mai mult teoretic, întrucât aplicația numerică în care consecințele pot fi apreciate cu diverse unități de măsură, poate fi neconcludentă, în absența unei grile de ierarhizare.

În ceea ce privește țara noastră se subliniază faptul că singurele statistici referitoare la accidentele rutiere și dinamica lor sunt realizate de către Poliția Română și *nu diferențiază* sub niciun aspect accidentele rutiere în care sunt implicate autovehicule încărcate cu mărfuri periculoase.

În teză se propune un prim model matematic de evaluare a riscului în cazul transportului de mărfuri periculoase. Modelul are la bază următoarele ipoteze:

- ruta de transport este constituită din mai multe tronsoane cu potențial de incidente diferit
- pe un tronson dat media accidentelor pe kilometrul parcurs este constantă
- deși traficul este foarte aglomerat, accidentele sau incidentele sunt, din punct de vedere al statisticii, niște evenimente rare
- riscul asociat parcurgerii unei rute rezultă prin însumarea riscurilor înregistrate pe tronsoanele componente.

În aceste condiții, se propune acceptarea unui model bazat pe distribuția exponențială, cunoscută fiind ca descriptor al evenimentelor rare.

Modelul implică lungimea tronsoanelor unei rute și rata accidentelor specifice fiecărui tronson, având ca rezultat riscul pe întreaga rută. Este prezentat și un exemplu numeric de ilustrare a utilizării practice a modelului.

Pe parcursul capitolului sunt expuse elemente cu caracter de originalitate, dintre se evidențiază următoarele:

- particularizarea *conceptului de risc* în cazul transportului de mărfuri periculoase
- identificarea unor baze de date internaționale, cu informații privind interacțiunea substanțelor periculoase cu organismul uman, informații utile în condițiile în care țara noastră nu și-a permis proiecte cu scop similar
- propunerea unei grile originale de evaluare cantitativă a riscului în cazul substanțelor periculoase
- adaptarea unui calculator universal de risc la condițiile particulare ale transportului de mărfuri periculoase
- estimarea costurilor reducerii riscului cu ajutorul unui soft dedicat
- analiza critică a modelelor matematice existente
- elaborarea unui prim model românesc al riscului în transportul mărfurilor periculoase.

## 4. Optimizarea managementului transportului de mărfuri periculoase

### 4.1. Probleme de optimizarea a transportului

În forma sa cea mai generală, problema optimizării transportului se referă la deplasarea unei cantități de substanță dintr-un anumit număr de puncte, numite surse, într-un alt număr de puncte, numite destinații [W17]. Forma generală de mai sus poate fi concretizată într-un număr de mare de moduri, prin introducerea unor elemente concrete specifice (existența punctelor intermediare, modul de transport, rutele multiple posibile, costul transportului, limitarea inferioară sau superioară a cantității transportate pe fiecare rută, timpul necesar transportului etc.). Din această cauză există o multitudine de probleme care implică rețele de transport, dintre care se amintesc:

- problema clasică de transport
- problema transferului
- problema drumului de cost minim
- problema fluxului maxim
- problema fluxului maxim la cost minim
- probleme de flux dinamic și altele.

Pentru ilustrarea modului de rezolvare a problemelor de transport, se detaliază, în continuare, teoria asociată problemei de transport clasic.

Aceasta acceptă următoarele ipoteze:

- cel puțin o sursă poate aproviziona mai multe destinații și cel puțin o destinație poate primi unități de flux de la mai multe surse
- pot exista perechi sursă-destinație între care nu se poate face transferul de mărfuri (rute blocate)
- există/nu există limitări în ceea ce privește cantitatea care poate fi transportată pe fiecare rută
- sunt cunoscute cantitățile disponibile la fiecare sursă și cele necesare la fiecare destinație
- este calculat un cost al deplasării pe fiecare rută (exprimabil în bani, timp sau distanță).

*Formularea problemei clasice* de transport se exprimă astfel:

Un produs disponibil în localitățile furnizoare  $F_1, F_2, \dots, F_m$  în cantitățile  $a_1, a_2, \dots, a_m$  este solicitat în localitățile de destinație  $L_1, L_2, \dots, L_n$  în cantitățile  $b_1, b_2, \dots, b_n$ . Se presupune cunoscut costul  $c_{ij}$  al transportului unei unități de produs de la  $F_i$  la  $L_j$ . Problema care se pune este satisfacerea cererii în punctele de consum la un cost total de transport minim.

Pentru rezolvarea problemei se apelează la modele matematice liniare, care, în cele mai multe cazuri, descriu corect sistemele de producție și transport [W18]. Liniaritatea se referă la calitatea relațiilor constitutive de a conține variabilele modelului, adesea numite variabile de decizie, exclusiv la puterea întâi. Există, desigur, și sisteme de relații de modelare care nu sunt liniare. Ele se pot însă liniariza prin dezvoltare în serie Taylor, cu considerarea termenilor de gradul unu. Singura condiție care trebuie îndeplinită de fiecare dintre funcțiile componente ale modelului este aceea de a fi derivabile până la ordinul al doilea inclusiv. În acest

caz, liniarizarea unei funcții  $F(x_i)$  de  $n$  variabile în jurul unui punct de coordonate  $(x_{i0})$  se realizează prin formularea:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = F(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0}) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial F}{\partial x_i} (x_i - x_{i0}) + R, \quad (4.1)$$

cu derivatele parțiale evaluate în punctul  $(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0})$  și cu restul  $R$  considerat neglijabil.

Modelele liniare sau cele obținute prin liniarizarea unor ecuații neliniare sunt utilizate des în probleme de optimizare.

Considerând problema clasică a transportului, se urmărește un set de raționamente, care sunt modelate matematic astfel:

- condiția necesară și suficientă pentru existența unei soluții a problemei este ca totalul cantităților disponibile să acopere totalul cererilor:

$$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j. \quad (4.2)$$

- de asemenea, aserțiunea conform căreia cantitățile disponibile și, respectiv, solicitate există se transpune matematic prin inegalitățile:

$$a_i > 0, \quad i = 1 \dots m. \quad (4.3)$$

$$b_j > 0, \quad j = 1 \dots n. \quad (4.4)$$

- notând cu  $x_{ij}$  cantitatea livrată de furnizorul  $F_i$  consumatorului  $L_j$ , formularea matematică a problemei clasice de transport este echivalentă cu determinarea valorilor:

$$(x_{ij}^*), \quad i = 1 \dots m, \quad j = 1 \dots n, \quad (4.5)$$

care satisfac restricțiile:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1 \dots m, \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, \quad j = 1 \dots n, \quad (4.7)$$

cu condițiile de non-negativitate:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1 \dots m, \quad j = 1 \dots n \quad (4.8)$$

și minimizarea funcției obiectiv:

$$f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}. \quad (4.9)$$

Problema de transport se numește echilibrată dacă:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j. \quad (4.10)$$

Prin urmare, modelul matematic al unei probleme de transport echilibrate este:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1 \dots m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1 \dots n \\ \min(f) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \end{cases} \quad (4.11)$$

Se observă faptul că problema de transport echilibrată este o problemă liniară în formă standard, cu  $m+n$  restricții și  $m \cdot n$  variabile.

Se consideră că problema clasică a transportului și derivatele sale (care modifică sau introduc condiții noi referitoare la mărimea cantității transportate, gradul de încărcare al vehiculelor, cursa de întoarcere cu marfă de alt tip etc.) nu poate acoperi transportul mărfurilor periculoase.

Optimizarea managementului acestora se poate exprima mai adecvat prin formularea unei probleme decizionale complexe. Ca urmare, se propune încadrarea problemei transportului mărfurilor periculoase în categoria *deciziilor programate, analitice și multicriteriale*.

Stabilirea unei decizii presupune următoarele etape [P3], [N2]:

- ❑ *formularea problemei* (cunoașterea substanței periculoase, a cantității, a furnizorului și destinatarului)
- ❑ *culegerea informațiilor* (completarea grilei de risc a substanței, alegerea autovehiculelor adecvate, evaluarea riscului funcție de relieful, gradul de populare și starea infrastructurii pe rutele posibile)
- ❑ *elaborarea alternativelor* (stabilirea unor rute posibile între furnizor și beneficiar)
- ❑ *alegerea alternativei optime* (aplicarea unei metode de decizie multicriterială)
- ❑ *implementarea deciziei* (analiza rezultatelor obținute prin metoda aplicată și decizia privind o anumită rută)
- ❑ *evaluarea rezultatelor aplicării deciziei* (înregistrarea incidentelor sau accidentelor în timp, evaluarea beneficiilor sau pierderilor economice etc. și reluarea procesului de la etapa culegerii de informații, având în vedere îmbogățirea acestora prin implementarea deciziei).

Deciziile complexe, cu caracter multicriterial, pot fi stabilite prin diverse metode de modelare matematică a criteriilor, printre cele mai cunoscute fiind:

- ❑ metoda utilităților
- ❑ metoda rangurilor
- ❑ metoda punctajelor
- ❑ metodele din grupul Electre.

Primele trei metode menționate sunt adecvate unor probleme mai simple, având în vedere capacitatea slabă de discernământ între alternative [P3].

Metoda cea mai complexă, capabilă de rafinare a alternativelor este metoda Electre.

Această metodă concepută în anul 1968 [R2] a cunoscut o rapidă dezvoltare și îmbunătățire prin versiunile II, III, IV și TRI [R3], [R4]. Scopul metodei este decizia corectă privind ierarhizarea, sortarea sau luarea unei decizii în analiza unor soluții tehnice, economice sau manageriale, atunci când subiectul analizei prezintă

mai multe alternative, caracterizate prin atribute multiple, evaluate pe mai multe criterii. De asemenea, metoda incorporează natura fuzzy a deciziei (descriind gradul de imprecizie sau incertitudine) prin implementarea pragurilor numite de indiferență și de preferință. Față de alte metode multiatribut, Electre are un caracter total noncompensator, în sensul că un scor foarte bun privind un criteriu nu compensează în nicio măsură scorul slab atribuit altui criteriu.

Abordarea Electre în variantele noi are la bază două concepte importante: *ierarhizare și prag*.

Formularea generală a problemei presupune existența unui număr  $A$  de alternative, care pot fi apreciate după  $r$  criterii (notate  $g_i$ ,  $i=1, 2, \dots, r$ ). Modelarea matematică generatoare a algoritmului se bazează pe două posibilități relaționale, formulate astfel:

Pentru două alternative  $(a,b) \in A$ , există posibilitățile:

$$aPb \text{ (a este preferat lui b)} \Leftrightarrow g(a) > g(b), \quad (4.12)$$

$$aIb \text{ (a este indiferent față de b)} \Leftrightarrow g(a) = g(b). \quad (4.13)$$

Introducerea noțiunii de *prag de preferință*  $p$ , rafinează gradul de discernământ al deciziei prin completarea:

$$aPb \text{ (a este preferat lui b)} \Leftrightarrow g(a) > g(b) + p, \quad (4.14)$$

$$aIb \text{ (a este indiferent față de b)} \Leftrightarrow |g(a) - g(b)| \leq p. \quad (4.15)$$

Chiar în această abordare, pot rămâne zone decizionale de ezitare între preferință și indiferență, ceea ce a condus la definirea unui *prag suplimentar de indiferență*,  $q$ .

În acest dublu model cu praguri intervine un nou operator relațional  $Q$ , de *slabă preferință*:

$$aPb \text{ (a este puternic preferat lui b)} \Leftrightarrow g(a) - g(b) > q, \quad (4.16)$$

$$aQb \text{ (a este slab preferat lui b)} \Leftrightarrow q < g(a) - g(b) \leq p, \quad (4.17)$$

$$aIb \text{ (a este indiferent lui b și lui a)} \Leftrightarrow |g(a) - g(b)| \leq q. \quad (4.18)$$

Alegerea pragurilor revine operatorului și are implicații directe asupra relevanței rezultatelor.

Scopul metodei Electre este acela de a crea o relație de ierarhizare  $S$ . Considerând alternativele  $a$  și  $b$ , între acestea pot exista următoarele conexiuni prin relația  $S$ :

$$aSb \text{ și } non(bSa), \quad (4.19)$$

$$non(aSb) \text{ și } bSa, \quad (4.20)$$

$$aSb \text{ și } bSa, \quad (4.21)$$

$$non(aSb) \text{ și } non(bSa). \quad (4.22)$$

Primele două situații clasifică alternativele  $a$  și  $b$  în ordinea  $(a,b)$ , respectiv  $(b,a)$ , în timp ce a treia variantă indică indiferența (egalitatea calitativă), iar a patra incompatibilitatea.

Aserțiunea  $aSb$  este acceptată prin testarea a două principii:

- *principiul concordanței*, care reclamă o majoritate a criteriilor, luând în considerare importanța lor relativă prin factori de pondere (*principiul majorității*)
- *principiul non-discordanței*, care impune ca în minoritatea de criterii care nu suportă aserțiunea, nici unul să nu prezinte o opoziție puternică (*principiul respectului minorităților*).

Practic, se definește o *matrice de concordanță*  $C(a,b)$ , ale cărei elemente corespund tuturor perechilor posibile din mulțimea alternativelor  $[(a,b) \in A]$ . Dacă celor  $g$  criterii li se atribuie ponderile  $k_j$ ,  $j=1, 2, \dots, r$ , matricea de concordanță se poate scrie sub forma:

$$C(a,b) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^r k_j c_j(a,b), \text{ unde } k = \sum_{j=1}^r k_j, \quad (4.23)$$

cu coeficienții  $c_j(a,b)$  au forma:

$$c_j(a,b) = \begin{cases} 1, & \text{dacă } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 0, & \text{dacă } g_j(a) + p_j \leq g_j(b), \quad j = 1, \dots, r. \\ \frac{p_j + g_j(a) - g_j(b)}{p_j - q_j}, & \text{în restul cazurilor} \end{cases} \quad (4.24)$$

Coeficienții de pondere sunt priviți ca niște coeficienți de importanță (echivalenți unui număr de voturi alocate unui criteriu candidat), nu trebuie să fie subunitari și prin însumare să fie egali cu 1, ci pot avea orice valori, atribuite de către operator.

Metoda Electre mai introduce și *principiul discordanței*, care indică existența discordanțelor asociate aserțiunii  $aSb$ . În acest scop se definește al treilea prag, denumit *pragul de veto*,  $v_j$ , care exclude total pentru orice criteriu  $j$  relația  $aSb$ , pe baza testului:

$$g_j(b) > g_j(a) + v_j. \quad (4.25)$$

Indicii de discordanță pentru fiecare criteriu  $j$ ,  $d_j(a,b)$  se calculează cu relațiile:

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 0, & \text{dacă } g_j(a) + p_j(b) \geq g_j(b) \\ 1, & \text{dacă } g_j(a) + v_j \leq g_j(b) \\ \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j}{v_j - p_j}, & \text{în alte cazuri} \end{cases}, \quad j = 1, \dots, r. \quad (4.26)$$

O matrice de discordanță este scrisă pentru fiecare criteriu, spre deosebire de matricea de concordanță care este unică pentru problemă.

Pentru fiecare alternativă și criteriu există astfel o măsură a concordanței și discordanței. În etapa finală este necesară realizarea efectivă a ierarhizării căutate. Procedura propusă de metoda Electre este elaborarea unei *matrici de credibilitate*, care stabilește gradul de certitudine al aserțiunii "a este cel puțin atât de bun ca și b". Gradul de credibilitate al unei perechi  $(a,b) \in A$  se calculează astfel:

$$S(a,b) = \begin{cases} C(a,b), & \text{dacă } d_j(a,b) \leq C(a,b) \quad \forall j \\ C(a,b) \cdot \prod_{j \in J(a,b)} \frac{1 - d_j(a,b)}{1 - C(a,b)}, & \\ \text{unde } J(a,b) \text{ este un set de criterii} \\ d_j(a,b) > C(a,b) \end{cases} \quad (4.27)$$

## 4.2. Aplicație privind optimizarea managementului transportului de substanțe periculoase

Pentru aplicația practică se propune utilizarea metodei Electre III și se consideră cunoscute următoarele elemente:

- scopul transportului este livrarea unui container care conține substanțe periculoase
- furnizorul este extern, iar punctul de intrare în România este Nădlac
- beneficiarul se află la Constanța
- se urmărește stabilirea unei rute Nădlac – Constanța, cât mai sigure și economice
- pentru fiecare rută alternativă se iau în considerare cinci criterii: distanța, riscul de poluare a mediului în caz de incident rutier, numărul populației potențial afectate, starea infrastructurii și dificultatea traficului.

Pentru tranzitarea României se propun următoarele rute alternative:

*Ruta 1:* Nădlac – Arad – Deva – Alba-Iulia – Sibiu – Brașov – Ploiești – București – Constanța

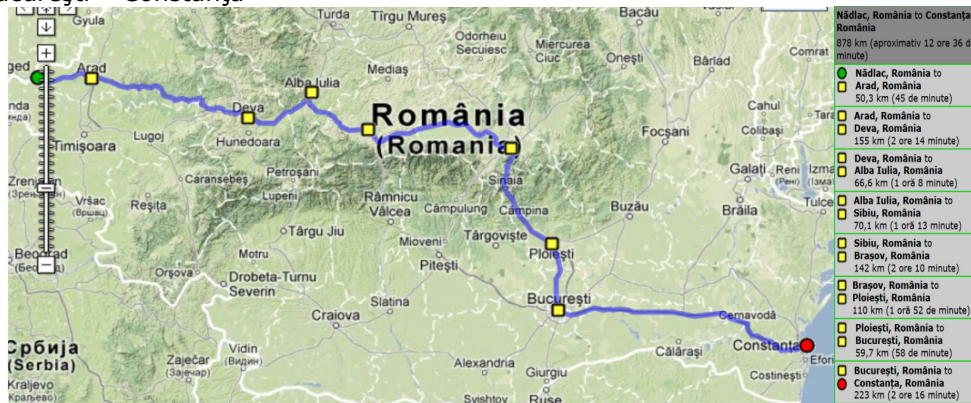


Fig. 4.1 Ruta 1: Nădlac – Arad – Deva – Alba-Iulia – Sibiu – Brașov – Ploiești – București – Constanța

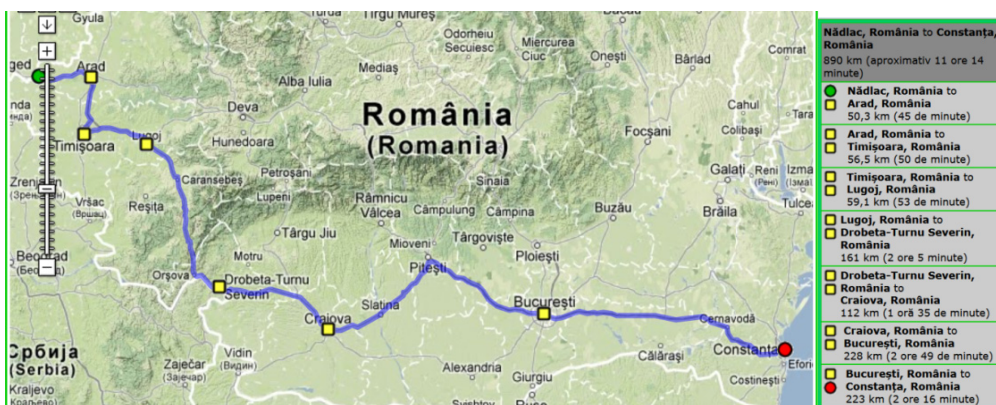


Fig. 4.2 Ruta 2: Nădlac – Arad – Timișoara – Lugoj – Dr. Tr. severin – Craiova – Pitești – București – Constanța



Fig. 4.3 Ruta 3: Nădlac – Arad – Deva – Alba Iulia – Sibiu – Râmnicu Vâlcea – Pitești – București – Constanța

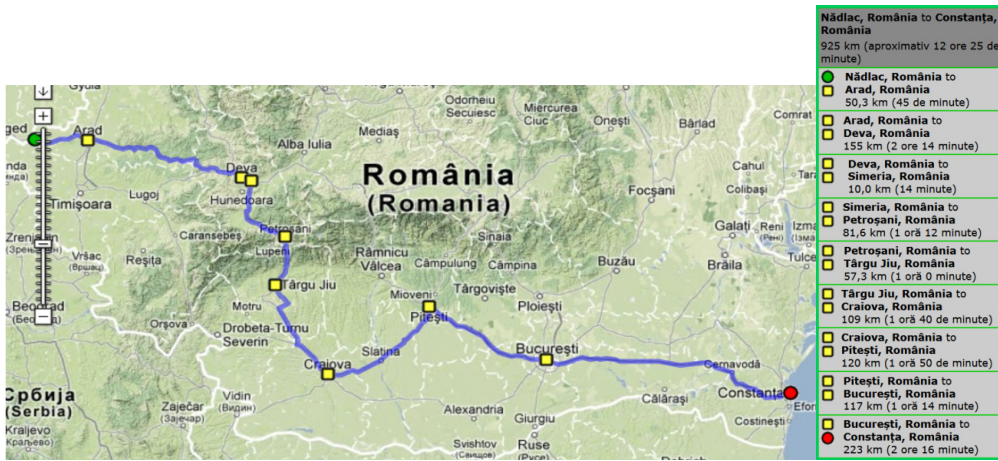


Fig. 4.4 Ruta 4: Nădlac – Arad – Deva – Simeria – Petroșani – Tg. Jiu – Craiova – Pitești – București – Constanța

Ruta 2: Nădlac – Arad – Timișoara – Lugoj – Dr. Tr. severin – Craiova – Pitești – București – Constanța

Ruta 3: Nădlac – Arad – Deva – Alba Iulia – Sibiu – Râmnicu Vâlcea – Pitești – București – Constanța

Ruta 4: Nădlac – Arad – Deva – Simeria – Petroșani – Tg. Jiu – Craiova – Pitești – București – Constanța

În figurile 4.1...4.4 pot fi urmărite aceste rute pe harta rutieră a României.

În figura 4.5 este prezentată fereastra de deschidere a unei aplicații Electre III.



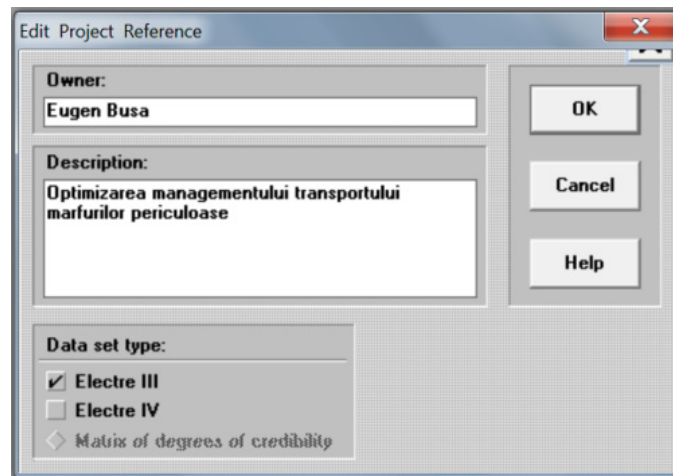


Fig. 4.5 Fereastra de deschidere a aplicației Electre III

Au fost definite *Alternativele* R1 (fig. 4.6), R2 (fig. 4.7), R3 (fig. 4.8) și R4 (fig. 4.9).

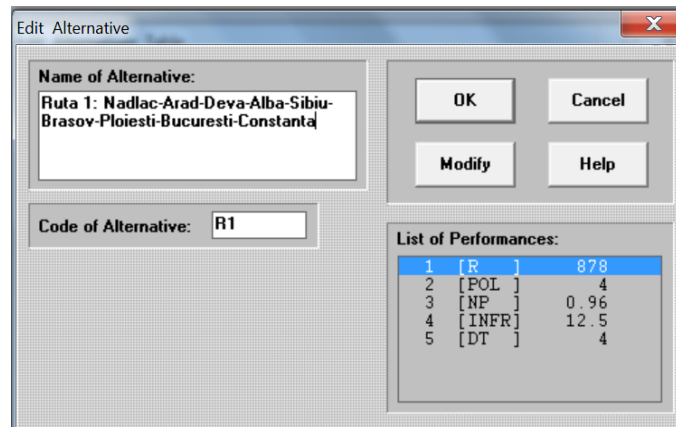


Fig. 4.6 Alternativa 1

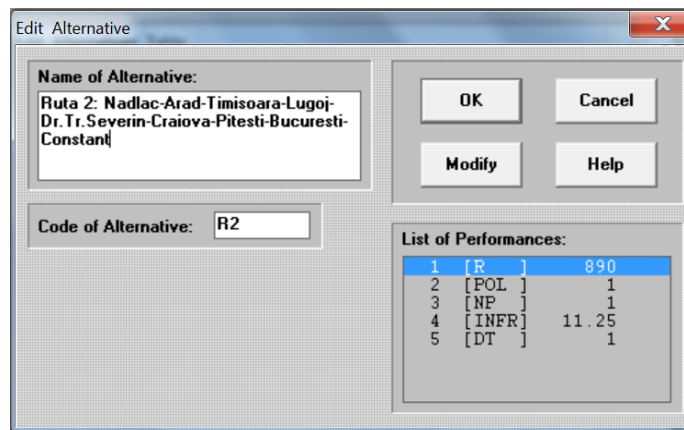


Fig. 4.7 Alternativa 2

**Edit Alternative**

**Name of Alternative:**  
Ruta 3: Nadlac-Arad-Deva-Alba-Sibiu-Ramnicu Valcea-Pitesti-Bucuresti-Constanta

**Code of Alternative:** R3

**List of Performances:**

1	[R ]	846
2	[POL ]	3
3	[NP ]	0.89
4	[INFR]	11.5
5	[DT ]	3

Buttons: OK, Cancel, Modify, Help

Fig. 4.8 Alternativa 3

**Edit Alternative**

**Name of Alternative:**  
Ruta 4: Nadlac-Arad-Deva-Simeria-Petrosani-Tg. Jiu-Craiova-Pitesti-Bucuresti-Constan

**Code of Alternative:** R4

**List of Performances:**

1	[R ]	925
2	[POL ]	2
3	[NP ]	0.93
4	[INFR]	12.5
5	[DT ]	2

Buttons: OK, Cancel, Modify, Help

Fig. 4.9 Alternativa 4

Au fost stabilite criteriile *Ruta* (distanța) – R – cu ponderea 0.2 (fig. 4.10), *Poluare potențială în caz de incident* – POL – cu ponderea 0.2 (fig. 4.11), *Numărul de persoane potențial afectate de un incident* – NP – cu ponderea 0.25 (fig. 4.12), *Starea infrastructurii* – INFR – cu ponderea 0.25 (fig. 4.13) și *Dificultatea traficului* – DT – cu ponderea 0.1 (fig. 4.14).

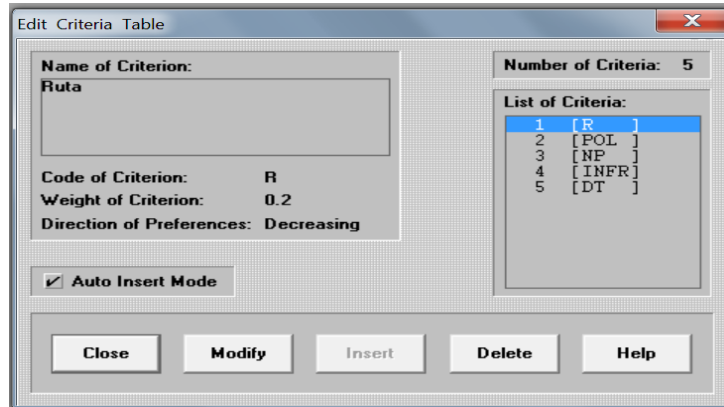


Fig. 4.10 Criteriul *Ruta*, cu coeficientul de pondere 0.2

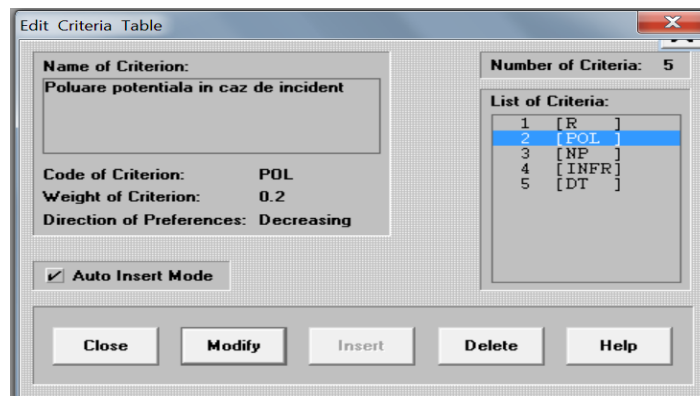


Fig. 4.11 Criteriul *Poluare potențială în caz de incident* cu ponderea 0.2

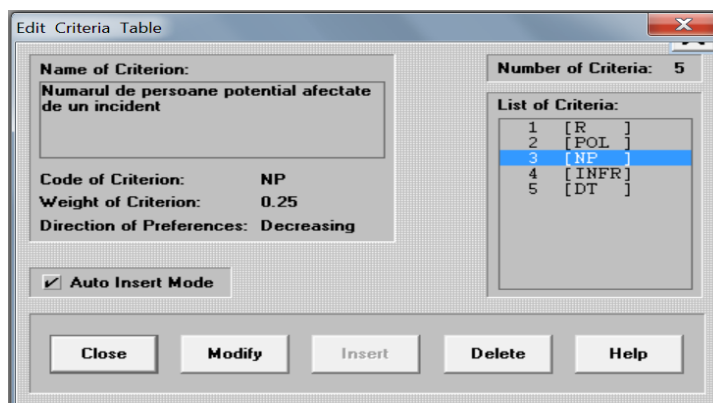
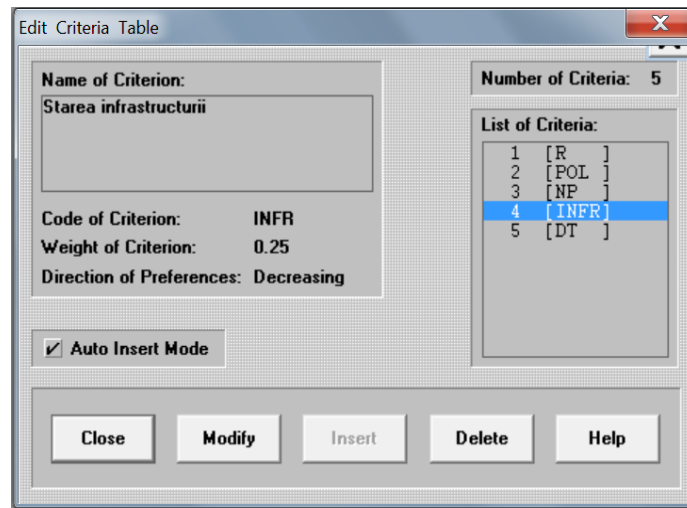
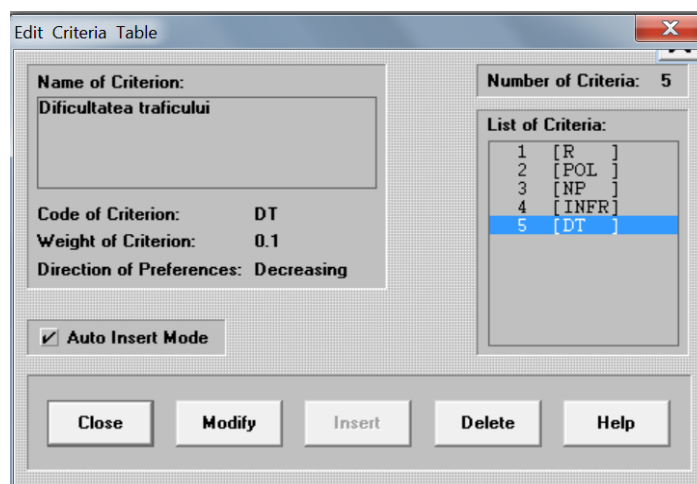


Fig. 4.12 Criteriul *Numărul de persoane potențial afectate de un incident* cu ponderea 0.25

Fig. 4.13 Criteriul *Starea infrastructurii* cu ponderea 0.25Fig. 4.14 Criteriul *Dificultatea traficului* cu ponderea 0.1

S-a optat pentru ponderare normală, astfel încât suma coeficienților de pondere este egală cu unitatea.

Pentru toate cele cinci criterii se observă indicarea preferinței pentru evoluția criteriilor în sensul scăderii (prin bifa *Decreasing* se indică sensul optimizării criteriului).

În figura 4.15 sunt prezentate sintetic valorile numerice ale criteriilor.

	R	POL	NP	INFR	DT
R1	878	4	0.96	12.5	4
R2	890	1	1	11.25	1
R3	846	3	0.89	11.5	3
R4	925	2	0.93	12.5	2

Fig. 4.15 Valorile numerice ale criteriilor

Pentru criteriul R s-au introdus valorile în km ale distanțelor corespunzătoare rutelor R1...R4.

La criteriul POL s-a atribuit un punctaj cuprins între 1 și 4, ca expresie a riscului de poluare. S-a considerat mai periculoasă poluarea zonelor montane, care prin apele curgătoare pot contamina zone foarte extinse.

La criteriul NP s-au luat în considerare numerele de locuitori ai orașelor mari de pe fiecare rută, conform datelor INS oficiale (2002).

În tabelul 4.1 sunt prezentate aceste informații numerice, precum și valorile normalizate ale criteriului.

Tabelul 4.1 Datele necesare stabilirii valorilor criteriului NP

Oras	Nr. loc.	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4
Alba Iulia	66369	66369		66369	
Arad	172827	172827	172827	172827	172827
Brasov	283901	283901			
Bucuresti	1921751	1921751	1921751	1921751	1921751
Constanta	283522	283522	283522	283522	283522
Craiova	302622		302622		302622
Deva	69390	69390		69390	69390
Dr. Tr. Severin	104035		104035		
Lugoj	44571		44571		
Pitesti	168756		168756	168756	168756
Petrosani	45447				45447
Ploiesti	232452	232452			
Ramnicu Valcea	107656			107656	
Sibiu	155045	155045		155045	
Simeria	14571				14571
Targu Jiu	96562				96562
Timisoara	317651		317651		
<b>Total ruta</b>		<b>3185257</b>	<b>3315735</b>	<b>2945316</b>	<b>3075448</b>
<b>Valoare criteriu</b>		<b>0.96</b>	<b>1.00</b>	<b>0.89</b>	<b>0.93</b>

Pentru criteriul INFR s-a considerat că durata medie a parcurgerii rutei este direct proporțională cu starea drumurilor. La criteriul DT s-a atribuit un punctaj cuprins între 1 și 4, funcție de volumul traficului pe diverse tronsoane de drum.

Pentru fiecare dintre criteriile s-au introdus pragurile de indiferență, respectiv de preferință. Având în vedere dispersia mică a datelor pragul de veto a fost inactivat (fig. 4.16...4.20).

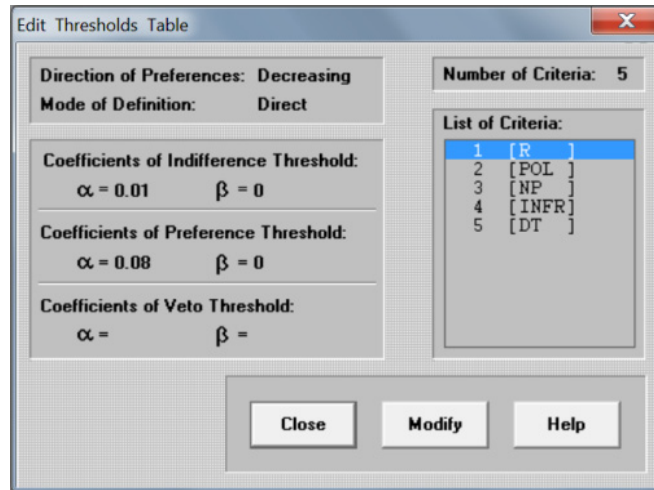


Fig. 4.16 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul R

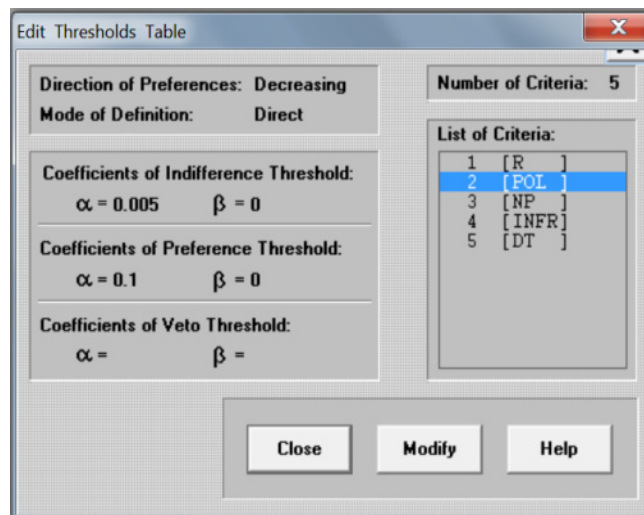


Fig. 4.17 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul POL

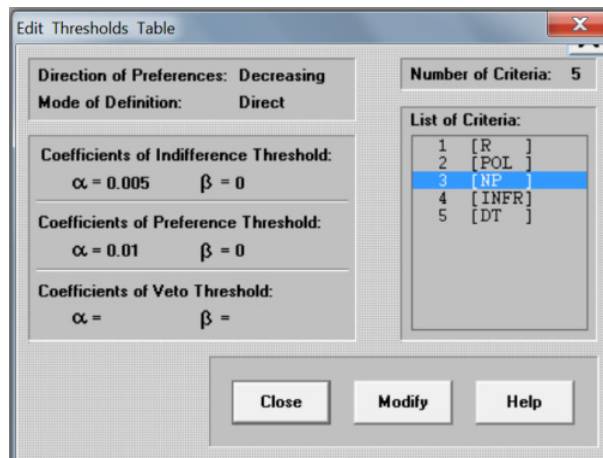


Fig. 4.18 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul NP

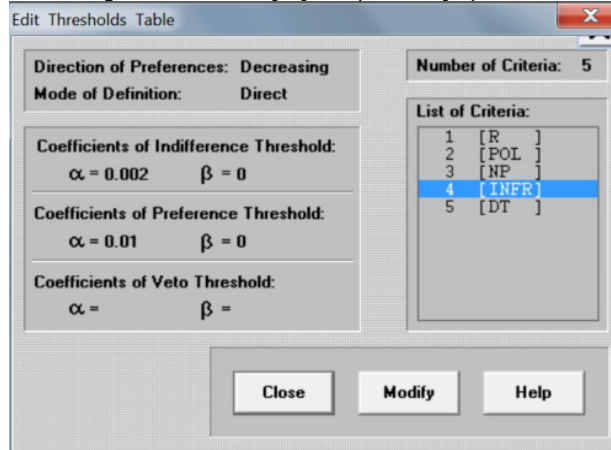


Fig. 4.19 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul INFR

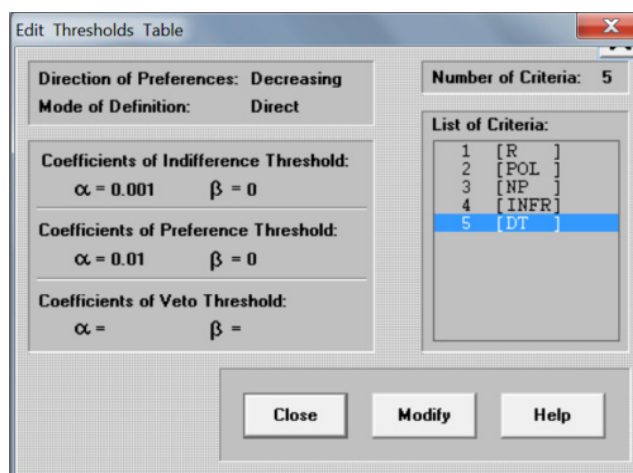
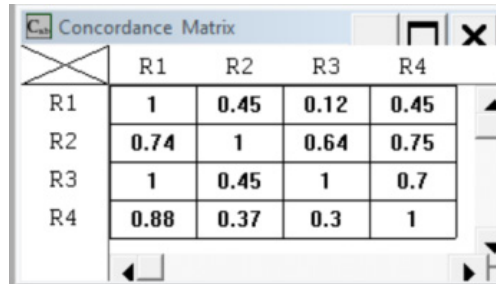


Fig. 4.20 Pragul de indiferență și de preferință pentru criteriul DT

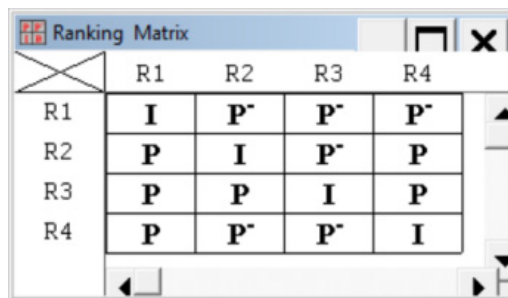
Prin rularea programului s-au generat matricile de concordanță și ierarhizare (fig. 4.21 și 4.22).



	R1	R2	R3	R4
R1	1	0.45	0.12	0.45
R2	0.74	1	0.64	0.75
R3	1	0.45	1	0.7
R4	0.88	0.37	0.3	1

Fig. 4.21 Matricea de concordanță, rezultată prin testarea principiilor concordanței și non-discordanței

Valorile unitare indică indiferența (fiecare alternativă este la fel de bună ca și ea însăși). Valorile subunitare cu cât sunt mai apropiate de 0 indică preferințe mai puternice. De exemplu, urmărind coloana R3, se constată că R3 este cel mai puternic preferabilă alternativei R1, mai slab preferabilă alternativei R4 și cel mai puțin preferabilă alternativei R2, adică relația de ordine în preferință sunt R3SR1, R3SR4, R3SR2.



	R1	R2	R3	R4
R1	I	P'	P'	P'
R2	P	I	P'	P
R3	P	P	I	P
R4	P	P'	P'	I

Fig. 4.22 Matricea de ierarhizare

Matricea de ierarhizare transpune matricea de concordanță într-o formulă mai intuitivă, bazată pe trei simboluri (I – aIb – relație de indiferență, P – aPb – relație de preferință și P' – bQa – relație de slabă preferință).

Pe baza matricii de ierarhizare se crează soluția problemei, cu prezentare în forma grafică. Locul în ierarhie a alternativelor rezultă pe baza unui scor calculat prin însumarea pe linie a relațiilor aSb și aQb. Astfel, pe primul loc se clasifică alternativa R3, care cumulează un scor 3P. Urmează, în ordine ierarhică R2 (2P+P''), R4 (1P+2P'') și R1 (3P'').

Ierarhizarea alternativelor poate fi vizualizată sub formă grafică sau tabelară (fig. 4.23).



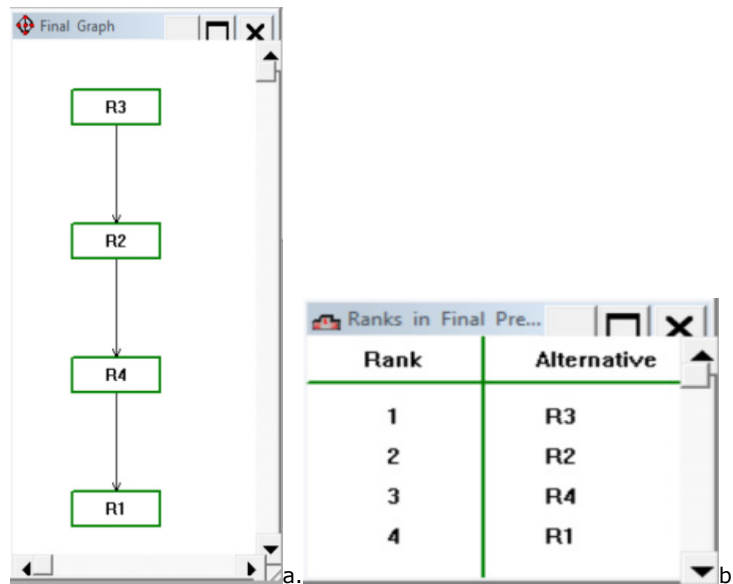


Fig. 4.23 Ierarhizarea finală a alternativelor (grafică – a sau tabelară – b)

### 4.3. Concluzii și contribuții personale

În capitolul al patrulea al tezei este abordată problema managementului transportului de mărfuri periculoase.

În primul paragraf este discutată problema clasică de transport și derivatele acesteia. Problema clasică de transport vizează optimizarea rutelor operatorilor de transport, în condițiile unui cost unitar acceptat și în ipoteza existenței unei cantități de marfă care acoperă cererea unui număr mare de destinatari de la un număr, de asemenea, mare de furnizori. Astfel, problema clasică de transport are subînscrisă, de fapt, o problemă de distribuție eficientă de la furnizori multipli către consumatori multipli. Desigur, problema este aplicabilă în cazuri foarte numeroase, care implică mai ales produse de larg consum, care necesită o aprovizionare ritmică, în acord cu rata consumului. Este prezentat modelul matematic complet al rezolvării problemei de transport echilibrat, care presupune că volumul disponibil de mărfuri la furnizor acoperă integral cererea la consumatori. Din punct de vedere matematic, modelul se reduce la rezolvarea unui sistem de ecuații liniare.

Analizând această problemă clasică de transport și modelul matematic simplu asociat, se constată inadvertență din multe puncte de vedere în cazul transportului de mărfuri periculoase. Tratarea acestora necesită o abordare specială, având în vedere elementele de risc care intervin în acest tip de transport. Din punct de vedere matematic, există mai multe condiții care ar trebui să fie cuprinse în model, iar din punct de vedere economic costul pe unitatea de rută sau condiția de întoarcere a autovehiculului încărcat nu reprezintă cerințe de prim rang. Transportul mărfurilor periculoase trebuie să fie în primul rând cât mai sigur, iar în cazul apariției unui incident sau accident rutier, contaminarea populației și a mediului, precum și pagubele materiale trebuie să fie cât mai reduse.

S-a concluzionat că transportul mărfurilor periculoase nu poate fi tratat ca un caz particular al problemei clasice de transport, ci prin formularea unei probleme manageriale de tip decizional complex, analitic și multicriterial.

Din teoria managementului sunt expuse etapele stabilirii unei astfel de decizii, cu particularizările impuse de caracterul periculos al mărfurilor, în fiecare etapă.

Dintre metodele de modelare matematică a problemelor de decizie multicriterială, și anume metoda utilităților, metoda rangurilor, metoda punctajelor și grupul de metode Electre s-a optat pentru cel din urmă, primele metode enumerate fiind considerate cu capacitate slabă de discernământ între alternative.

Este descrisă complet din punct de vedere matematic metoda Electre III. Aceasta are ca scop ierarhizarea unui set de alternative, care sunt caracterizate printr-un grup de criterii numerice, cărora li se atribuie și un coeficient de pondere în funcție de importanța care li se acordă în problemă.

Din punct de vedere matematic, metoda discerne alternativele prin trei tipuri de relații (de preferință, de slabă preferință și de indiferență), care permit, în final ierarhizarea alternativelor. Relațiile de ierarhizare se stabilesc urmărind logica relațiilor de ordine dintre criteriile ponderate asociate fiecărei alternative.

În paragraful al doilea al capitoului este prezentată o aplicație originală ilustrativă pentru transportul unei mărfuri periculoase, prin modul de transport rutier.

Problema presupune tranzitarea României, cu intrare la Nădlac și destinația Constanța. Scopul aplicației este stabilirea unei rute cât mai sigure și, pe cât posibil, economice.

S-au ales patru rute alternative raționale, care implică numai drumuri europene, drumuri naționale și autostrăzi. Cele patru rute au fost ilustrate prin marcare pe harta fizică a țării, pentru a pune în evidență tipul de relief parcurs de autovehicul, în fiecare caz.

Intuitiv, alegerea celei mai convenabile rute este imposibilă.

Fiecare rută este judecată prin prisma a cinci criterii și anume, distanța (R), Poluarea potențială în caz de incident (POL), Numărul de persoane potențial afectate de un incident (NP), Starea infrastructurii (INFR) și Dificultatea traficului (DT), care au fost ponderate cu coeficienții 0.2, 0.2, 0.25, 0.25 și respectiv 0.1. Valorile numerice ale criteriilor sunt prezentate în figura 4.15.

Rularea programului a generat matricile de concordanță, respectiv de ierarhizare, precum și soluția problemei în formă grafică sau tabelară.

Rezultă că cea mai bună rută, conform criteriilor formulate este ruta R3: Nădlac – Arad – Deva – Alba Iulia – Sibiu – Râmnicu Vâlcea – Pitești – București – Constanța, care străbate o zonă muntoasă relativ redusă față de R1 și R4, se desfășoară în proporție de aproximativ 35% pe autostrăzi și, ca urmare, numărul de locuitori potențial afectați de un incident este mai mic decât în celelalte alternative.

Rutele și valorile criteriilor au fost alese intenționat cu grad de dispersie mic. Evident, pentru demonstrație, se puteau alege o multitudine de rute, dintre care, însă cele mai multe s-ar fi descalificat fără a necesita aplicarea algoritmului matematic. S-a urmărit ilustrarea unei probleme cât mai realist formulate, pentru care utilitatea aplicării metodei să fie justificată.

- În capitolul 4 al tezei se pot evidenția următoarele contribuții personale:
- ❑ evaluarea posibilităților problemei clasice de transport și a derivatelor acesteia de a cuprinde particularitățile unei probleme de transport al mărfurilor periculoase
  - ❑ încadrarea optimizării transportului de mărfuri periculoase în categoria problemelor de management decizional, cu caracter analitic și multicriterial
  - ❑ particularizarea etapelor de stabilire a deciziei pentru cazul concret al transportului mărfurilor periculoase
  - ❑ aplicarea metodei Electre III în scopul rezolvării unei probleme de transport al mărfurilor periculoase
  - ❑ obținerea unui rezultat credibil, care validează corectitudinea opțiunilor privind alternativele și criteriile impuse.

## 5. Soluții pentru creșterea siguranței în transportul mărfurilor periculoase

### 5.1. Caracteristici constructiv-funcționale impuse prin legislație sistemelor de transport al mărfurilor periculoase

Transportul de mărfuri periculoase este reglementat de acorduri internaționale între statele din UE, iar pentru evitarea unor evenimente cu consecințe grave, au fost elaborate o serie de măsuri, cu caracter tehnic și legislativ, care se aplică în traficul intern și internațional de mărfuri periculoase.

Gama de autovehicule care transportă mărfuri periculoase este foarte diversificată (autovehicule mici, autovehicule de transport marfă de foarte multe tipuri, autovehicule specializate, cisterne, transporturi agabaritice etc.). Caracteristicile constructiv-funcționale ale acestor vehicule trebuie să fie conforme condițiilor tehnice descrise și impuse de Acordul ADR. Condițiile tehnice impuse autovehiculelor destinate transportului rutier internațional de mărfuri periculoase sunt descrise, pe tipuri de ansambluri specifice sau operațiuni în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1 Condiții tehnice impuse autovehiculelor în traficul internațional

Ansamblu/Sistem tehnic/Operațiune	Caracteristici sau condiții impuse
Cablajele instalației electrice	<i>dimensionare și izolare</i> a conductorilor electrici astfel încât să se evite încălzirea <i>protejare a circuitelor</i> cu siguranțe fuzibile sau cu întrerupătoare automate (excepții: baterie-sistem de pornire și oprire al motorului, baterie- alternator, alternator- cutia cu siguranțe fuzibile sau întrerupătoare automate, baterie-demaror, baterie- cutia de comandă a acționării dispozitivului de frânare de încetinire, baterie-mecanismul de ridicare al unei axe)
Deconectarea bateriilor de acumulare	<i>dotare cu un întrerupător</i> pentru deconectarea circuitelor electrice, montat cât mai aproape posibil de bateria de acumulare <i>dispozitive de comandă</i> directă sau indirectă instalate în cabina de conducere și în exteriorul vehiculului cu comanda din cabină amplasată la îndemâna conducătorului și prevăzută cu un dispozitiv care împiedică o declanșare involuntară
Instalația electrică din spatele cabinei	<i>concepere și realizare</i> astfel încât să nu poată provoca aprindere sau scurtcircuit în condiții normale de utilizare a vehiculelor și să reducă la minimum aceste riscuri în caz de șoc sau deformare, abraziune sau frecare
Dispozitivele de frânare antiblocare	<i>obligatorii</i> la toate vehiculele începând cu 2010, inclusiv la remorcile cu masă maximă >10 tone
Frâna de încetinire	<i>obligatorie</i> pentru autovehiculele cu masa maximă >16 tone sau care sunt autorizate să tracteze o remorcă cu masă maximă >10 tone
Materiale folosite la construcția cabinei	<i>construcția elementelor cabinei</i> numai din materiale greu inflamabile (la care, în conformitate cu procedura ISO 3.795/1989, un eșantion din respectivul material prezintă o viteză de ardere mai mică de 100 mm/min.)
Ecran termic pentru cabină	<i>scut metalic</i> sau din alt material adecvat, cu lățimea egală cu cea a cisternei <i>ferestrele din spate</i> ale cabinei confecționate din geam securizat rezistent la foc și cu rame ignifugate

Rezervoarele de combustibil	<i>amplasare</i> astfel încât să fie protejate atât cât este posibil împotriva oricărui impact <i>în caz de scurgeri</i> , combustibilul trebuie să se scurgă pe sol, fără a veni în contact cu părțile calde ale vehiculului și nici cu încărcătura rezervoarele care conțin benzină trebuie <i>echipate cu un dispozitiv antifoc</i> eficace, adaptabil la orificiul de umplere
Motorul	<i>echipare și amplasare</i> astfel încât să se evite orice pericol pentru încărcătură, ca urmare a încălzirii sau aprinderii
Dispozitivul de evacuare	<i>protejare</i> astfel încât să se evite orice pericol pentru încărcătură ca urmare a încălzirii sau aprinderii
Dispozitivul de limitare a vitezei	<i>obligatoriu</i> pentru autovehiculele cu o masă maximă >12 tone (viteza maximă 90 km/h)
Protecția suplimentară (cisternă)	<i>dotare cu parașoc</i> (o bară) suficient de rezistentă la impactul din spate

Tabelul 5.1 prezintă numai ilustrativ câteva principii generale pe care constructorii de autovehicule trebuie să le respecte, dacă doresc ca produsele lor să fie adecvate și transportului de mărfuri periculoase. Operatorii de transport sunt obligați să achiziționeze, să închirieze etc. numai autovehicule dotate corespunzător pentru transportul de mărfuri periculoase, aspect pentru care răspund din punct de vedere legal.

Elementele din tabelul 5.1 definesc doar un set minim de măsuri de siguranță. Pentru fiecare substanță periculoasă sau cel puțin pentru fiecare clasă definită de ADR ar trebuie asociate măsuri specifice, care cel puțin să reducă magnitudinea consecințelor unui incident, dacă nu îl pot împiedica. Acest lucru, însă, presupune modernizarea managementului transporturilor mărfurilor periculoase prin implementarea unor tehnologii noi, capabile să asigure monitorizarea în timp real a parametrilor de deplasare și de stare a vehiculelor, colectarea și transmiterea de informație de la și spre conducătorul auto, cu referire la evoluția meteorologică, starea infrastructurii, mijlocul de transport, pericole potențiale în procesul de transport în curs etc.

Tările dezvoltate economic utilizează tehnologii implementate în sisteme inteligente de transport (ITS - Intelligent Transport Systems), ca răspuns la multiplele probleme ale transportului modern. Instrumentele oferite de ITS, denumite și *Telematici în Transport*, se bazează pe trei elemente esențiale și anume informația, comunicațiile și integrarea, elemente care ajută operatorii de transport și utilizatorii să ia decizii mai bune și mai coerente. Aceste instrumente sunt utilizate pentru a economisi timp, bani și a salva vieți omenești, pentru îmbunătățirea siguranței la transportul mărfurilor periculoase, sprijinind dezvoltarea durabilă și nu în ultimul rând creșterea productivității activităților comerciale.

Producătorii de autovehicule destinate transportului de mărfuri periculoase respectă cerințele minimale ale legislației internaționale sau/și naționale, prin soluții constructive proprii.

Operatorul de transport poate apela la soluții suplimentare de siguranță, funcție de natura substanței transportate. Aceste soluții vizează ansambluri de sesizare a pericolului (temperatură, fum, prezența unor compuși chimici etc.) și împiedicarea producerii efectelor unei combinații de factori nefavorabili (prevenirea exploziei, stingerea incendiilor în stadiu incipient, neutralizarea substanțelor aduse în stare chimic activă etc.).

România, ca parte a acordurilor internaționale, a introdus cu caracter de obligativitate, măsurile generale înscrise în aceste acorduri. Pentru realizarea unei securități reale, procesul ar trebui continuat prin dotarea autovehiculelor cu

ansambluri de siguranță specifice. Cu excepția cisternelor, autovehiculele care transportă mărfuri periculoase nu au în dotare niciun sistem de securitate dedicat.

Se prezintă, în continuare, două soluții originale, propuse pentru creșterea securității transportului rutier de mărfuri periculoase.

## **5.2. Soluții de creștere a siguranței transportului rutier de mărfuri periculoase**

### **5.2.1. Principiul general de funcționare al sistemului de siguranță**

Propunerile descrise mai jos se referă la două soluții pentru sesizarea și neutralizarea acumulărilor de substanțe periculoase, respectiv stingerea incendiilor din compartimentul de încărcare al unui vehicul de transportat mărfuri periculoase.

Sistemul automatizat pentru sesizarea și neutralizarea acumulării de substanțe periculoase și stingere a incendiilor, aduce ca noutate punctul de monitorizare continuă și comanda centrală computerizată a neutralizării degajărilor de gaze și stingerii incendiilor, cu supraveghere prin intermediul unui element sesizor de gaze, aflat în stare de funcționare în mod permanent. Sistemul este amplasat în compartimentul de încărcare al unui autovehicul de transportat mărfuri periculoase, de tip furgon și are la bază un ansamblu mecatronic, care cuprinde echipamente mecanice, hidraulice, electrice și electronice.

#### *Principiul general de funcționare al sistemului automatizat*

În compartimentul de încărcare al autovehiculului de transport al mărfurilor periculoase se găsesc substanțe/mărfuri periculoase ambalate, sub formă lichidă, gazoasă sau solidă, care, în anumite situații cum ar fi arimarea incorectă, răsturnare, accident sau nerespectarea gradului de umplere, pot să se reverse, să degaje gaze sau să provoace incendii.

Funcționarea sistemului de siguranță se bazează pe detectarea gazelor cu ajutorul unui senzor care sesizează o anomalie cum ar fi inițierea unui incendiu și/sau acumularea de gaze provenite de la substanțele transportate.

În autovehicul vor fi declanșate următoarele acțiuni:

- ❑ senzorii de gaze semnaleză conducătorului auto, prin afișare pe un display central pericolul existent
- ❑ este anunțat automat serviciul 112 cu ajutorul sistemului e-Call, precizând și denumirea substanțelor periculoase transportate
- ❑ se pune în funcțiune, în mod automat, sistemul de siguranță, care pulverizează un lichid de neutralizare în incinta de depozitare, selectiv și computerizat.

### **5.2.2. Sistem mecatronic de siguranță – soluția 1**

Prima soluție propusă ca sistem de siguranță atașat vehiculelor care transportă mărfuri periculoase în containere funcționează pe un principiu bazat pe rotirea oscilantă a conductei principale cu duze în jurul propriei axe.

Funcționarea întregului sistem se bazează pe informația furnizată în timp real și în mod permanent de unul sau mai mulți senzori de temperatură, particule solide sau produse gazoase de ardere sau o anumită componentă chimică, care depășesc cantitativ o limită dată, în incinta containerului. Datorită dimensiunii mari a compartimentului de încărcare și sesizarea rapidă, în fază incipientă, a unei

anormalități se propune utilizarea a cel puțin 3 senzori de același tip, care să corespundă unor volume mai reduse de inspecție.

În funcție de tipul de substanță periculoasă transportată și amplasată în compartimentul de încărcare, se pot monta senzori diferiți. Pe piață există senzori specializați în detectarea unei game largi de substanțe, cum ar fi :  $H_2S$ ,  $CO$ ,  $O_2$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $PH_3$ ,  $Cl_2$ ,  $ClO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $HCN$ , oxid de etilenă sau  $O_3$ .

În figura 5.1 este prezentată o schemă generală conținând subansamblurile funcționale ale sistemului, iar în figura 5.2 este redată o schemă constructivă simplificată pentru ilustrarea soluției.

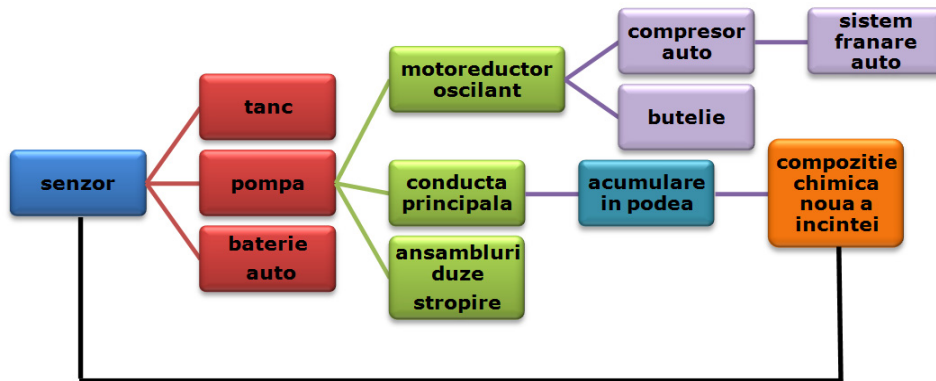


Fig. 5.1 Schema cuprinzând principalele subansambluri funcționale ale sistemului de siguranță

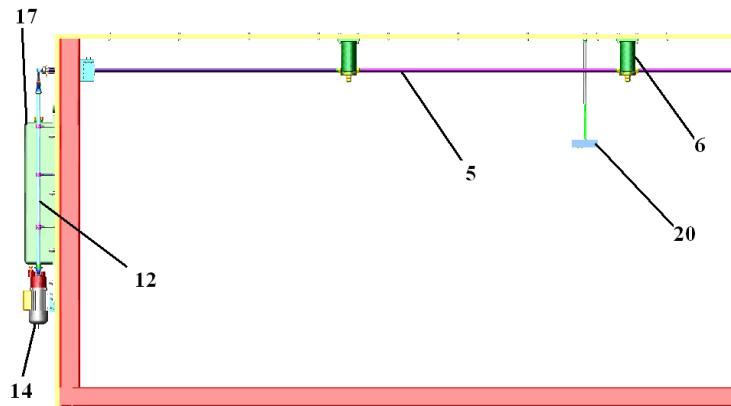


Fig. 5.2 Vedere de ansamblu fără pereții laterali ai compartimentului (5- conductă principală, 6- suport mecanic, 12- conductă secundară, 14- pompă hidraulică, 17- rezervor, 20-senzor)

Senzorii transmit semnalul de avertizare conducătorului auto care acționează butonul de comandă pentru punerea în funcțiune a sistemului de siguranță, care lucrează automat, în buclă închisă.

Este pusă în funcțiune pompa autoamorsantă cu palete plasată sub rezervorul (tancul) în care se găsește substanța de neutralizare. Rezervorul este amplasat în partea din față a compartimentului de încărcare. Acesta este confecționat din tablă și este izolat termic, astfel încât variațiile de temperatură

iarnă-vară să nu inițieze modificări fizico-chimice ale agentului de neutralizare și să diminueze eficiența acestuia.

Alimentarea pompei se face cu curent continuu de 12 V sau 24 V direct de la bateria autovehiculului. Pompa hidraulică va absorbi lichid din rezervor și îl va refula la o înălțime suficient de mare pentru a acoperi întreaga lungime a compartimentului de încărcare (din datele obținute de la firma producătoare înălțimea maximă de refulare este de 80 m).

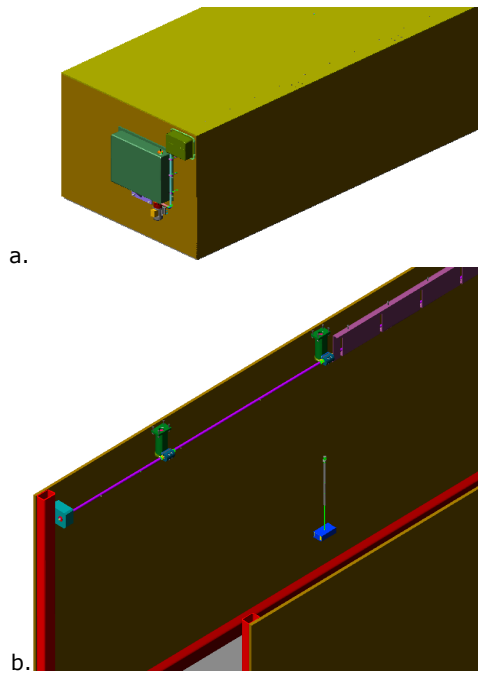


Fig.5.3 Compartiment de încărcare - vedere exterioră (a) și interioară (b)

În figura 5.3 este prezentată o vedere exterioră a compartimentului de încărcare (fig. 5.3.a), pe care se distinge rezervorul cu substanța de neutralizare. În partea inferioară a rezervorului se poate vedea pompa, de la care pornește conducta principală, iar în partea superioară, în stânga compartimentului (considerând sensul de deplasare înainte al acestuia) se află cutia motoreductorului. Plasarea conductei principale pe peretele interior-stânga a avut în vedere păstrarea eficienței sistemului în cazul unui accident cu răsturnare a unității de transport, care, statistic, este foarte probabilă pe partea dreaptă. Figura 5.3.b prezintă amplasarea senzorilor și a conductei principale pe peretele interior al compartimentului.

În figura 5.4 sunt prezentate detalii constructive și de legătură a subansamblurilor rezervor – pompă – conductă secundară.

Concomitent cu pornirea pompei hidraulice care distribuie lichidul spre conducta principală, intră în funcțiune și motorul pneumatic oscilant care imprimă conductei o mișcare de rotație în jurul propriei axe. Unghiul de rotație al conductei este reglabil, valoarea acestuia fiind în funcție de gradul de acoperire necesar.

Motorul pneumatic oscilant este amplasat în imediata apropiere a rezervorului, în partea superioară a compartimentului de încărcare. Prin intermediul



unui angrenaj cilindric cu roți dințate cu dinți drepți de tip reductor, motorul antrenează în mișcare conducta principală (fig. 5.5).

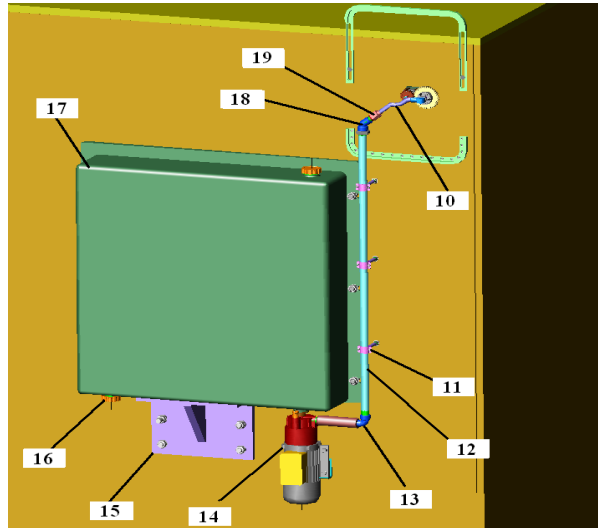


Fig. 5.4 Detalii constructive și de legătură a subansamblurilor rezervor – pompă – conductă secundară (10- furtun flexibil, 11-colier de susținere conductă secundară, 12- conductă secundară, 13 - racord la 90°, 14- pompă hidraulică, 15- suport rezervor, 16- bușon de golire/umplere, 17- rezervor, 18- racord la 60°, 19- cuplă rapidă)

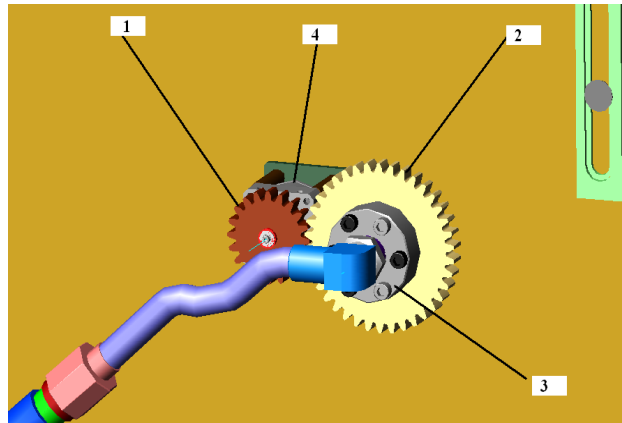


Fig.5.5 Componentele subansamblului motoreductor (1 – pinion, 2 – roata condusă, 3 - bușă cu dublă strângere radială, 4 – motor)

Funcționarea motorului oscilant, are la bază alimentarea cu aer comprimat. Acest agent de lucru este furnizat prin intermediul unui distribuitor, dintr-un recipient de acumulare a aerului (tip butelie). Distribuitorul este un echipament de comandă pneumatică, care livrează agentul de lucru în camerele motorului oscilant, și este de tip centru normal închis, cu 5 căi și trei poziții. Semnalul de comutare a pozițiilor camerelor distribuitorului, este transmis de doi senzori fixați la capetele curselor unghiulare ale pistonului motorului oscilant. Semnalul este preluat de un automat programabil, care comandă comutarea poziției.

Este important de precizat faptul că autocamionul este echipat cu un compresor, legat la volantul motorului capului tractor, care are rolul de a produce aer comprimat pentru sistemul de frânare și pentru sistemul de suspensie al camionului. Aerul comprimat produs de compresor este livrat, prin conducte, și stocat în vane, de unde, prin intermediul unor valve, este direcționat spre sistemul de frânare și suspensie. Compresorul poate furniza o presiune cuprinsă între 8 și 12 bari, iar în eventualitatea apariției unei supra-presiuni, în rețea aceasta este descărcată prin intermediul unei supape de descărcare. Ca măsură de siguranță, în eventualitatea în care aerul din butelie s-a consumat, la rețeaua de alimentare a motorului oscilant, s-a legat o conductă prin care aerul comprimat produs de compresorul autovehiculului să fie direcționat spre motorul oscilant. În clipa în care presiunea din sistemul de frânare scade, fiind direcționat spre motorul oscilant, autovehiculul începe treptat să se oprească.

Lichidul de neutralizare curge prin conducta principală, a cărei lungime trebuie să acopere lungimea compartimentului de încărcare. Conducta este ancorată în mai multe locuri de plafonul compartimentului, pentru evitarea încovoierii și împiedicarea mișcării de oscilație prin înțepenirea în lagăre (fig. 5.6).

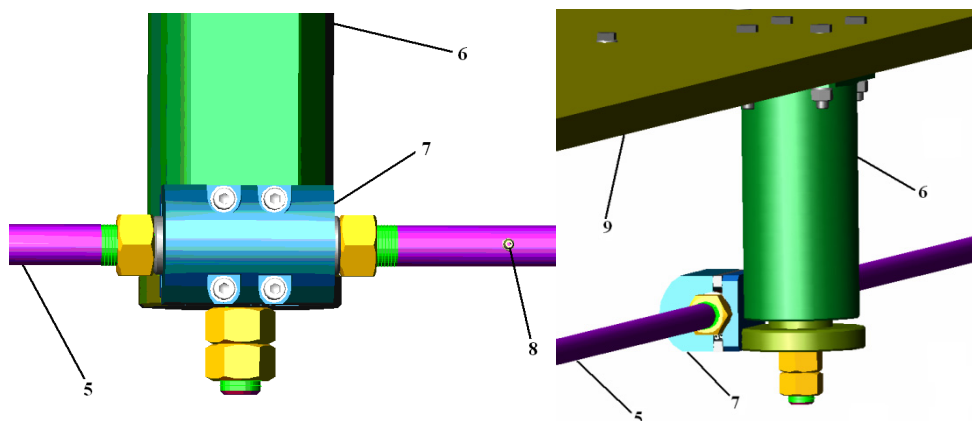


Fig. 5.6 Componente mecanice de susținere a conductelor (5- conducta principală, 6- suport mecanic elastic ancorat în plafon, 7- suport lagăr de alunecare, 8- duza de stropire, 9 -plafon superior al compartimentului de încărcare)

De asemenea, legătura dintre conducta principală și cea secundară care vine de la pompă se realizează printr-un furtun flexibil care permite mișcarea oscilatorie a conductei în timpul alimentării cu lichid (fig. 5.5).

Conducta este lăgăruită la extremități, cu rulmenți radiali axiali cu bile, iar intermediar, sunt prevăzute lagăre de alunecare.

Radial, în sectoarele de conductă sunt prelucrate găuri filetate, în care se montează duzele, care difuzează lichidul de neutralizare. Numărul de duze trebuie să asigure pulverizarea întregului interior al compartimentului de încărcare.

Încărcătura care conține substanțe volatile, lichide, solide sau gaze care trebuie transportate este amplasată în spațiul de încărcare al autovehiculului, pe grătare special confecționate din tablă galvanizată, care sunt prelucrate în așa fel încât să formeze un profil închis. Întreaga suprafață a podelei compartimentului de încărcare este prevăzută cu acest tip de grătare, iar în interiorul cavității obținute în urma îndoirii tablei se introduce burete, care are rolul de a absorbi lichidul contaminat rezultat în urma acțiunii de neutralizare a unei posibile scurgeri de

substanțe periculoase din recipientele transportate. În figura 5.7 sunt redată imagini ale plafonului inferior, care pun în evidență prezența grătarelor în interiorul cărora se află burete.

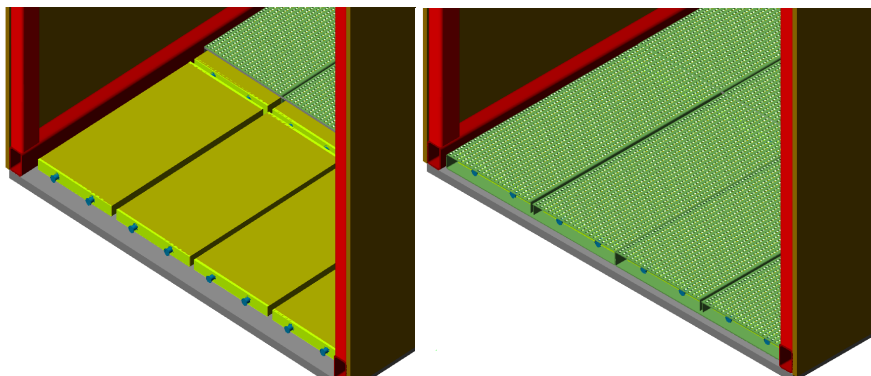


Fig. 5.7 Subansamblu plafon inferior (componenta de acumulare a lichidului rezidual)

Odată ce senzorii indică revenirea în limite normale, ca urmare a acțiunii substanței de neutralizare, este necesară îndepărtarea lichidului din buretele îmbibat din compartimentul de încărcare. Buretele se curăța/spăla/neutralizează în locuri special amenajate pentru recuperarea și neutralizarea lichidului periculos.

Ca măsuri de protecție a muncii, conducătorul auto va fi dotat cu mască de protecție și mănuși pentru a preîntâmpina orice posibilă vătămare corporală în urma intervenției acestuia, după oprirea sistemului de stingere automată.

Analizând soluția 1, descrisă mai sus, din punct de vedere funcțional și tehnico-economic, rezultă câteva avantaje și anume:

- soluția este caracterizată prin simplitate constructiv-tehnologică a părților componente și a subansamblurilor utilizate, care se pot achiziționa ca elemente tipizate de la firme de profil sau se pot confecționa în regie proprie
- uzura pieselor aflate în mișcare este redusă
- stropirea cu lichid de neutralizare este eficientă, datorită acoperirii complete a suprafeței compartimentului de încărcare, prin posibilitatea reglării unghiului de rotire a conductei principale, ceea ce permite așezarea mărfurilor periculoase în orice poziție
- în cazul în care compartimentul de încărcare este răsturnat și se produce un incendiu, sistemul este funcțional, în sensul că motorul oscilant rotește conducta, aceasta din urmă fiind protejată de încărcătură printr-un profil din tablă, care joacă rol de scut
- siguranța transportului și a mărfurilor periculoase este mai ridicată
- monitorizarea și controlul tehnic al compartimentului de încărcare au un caracter continuu
- supravegherea sau/și intervenția se realizează automatizat
- datorită creșterii gradului de siguranță, monitorizare și control se pot transporta mărfuri periculoase care altfel nu puteau fi transportate, datorită riscului ridicat.

Soluția este marcată și de două dezavantaje, și anume:

- încărcătura compartimentului nu poate ocupa mai mult de 85% din volumul acestuia

stropirea nu este focalizată pe un singur punct, ci este volumică, ceea ce înseamnă un consum de lichid ridicat, indiferent de natura și/sau intensitatea incidentului.

Desigur, avantajele mult mai numeroase, pledează în favoarea implementării soluției.

### 5.2.3. Sistem mecatronic de siguranță – soluția 2

A doua soluție constructivă propusă ca sistem de creștere a siguranței transportului de mărfuri periculoase, are la bază realizarea mișcării principale de stropire prin culisarea unei sănii, în lungul compartimentului de încărcare. Pe această sanie, sunt dispuse două supape de stropire prin intermediul cărora se realizează pulverizarea efectivă cu lichid, în interiorul compartimentului.

Din punct de vedere constructiv, soluția 2 conține elemente comune cu prima soluție propusă. Astfel, elementele comune acestor două sisteme sunt:

- componenta de depozitare a lichidului de neutralizare (rezervorul)
- componenta hidraulică (pompa cu autoamorsare, racordurile, țevile și conductele)
- sistemul de reținere a lichidului de neutralizare contaminat
- senzorii de detecție a scurgerilor de gaze
- display-ul electronic (aflat în cabina conducătorului auto)
- sistemul de acumulare al lichidului de neutralizare contaminat (grătare așezate pe podea, elementul de acumulare a lichidului infestat –buretele).

În figura 5.8 este prezentată o schiță de ansamblu a soluției 2. Al doilea sistem propus presupune utilizarea a două duze de stropire, prin care lichidul este distribuit ca jet în interiorul compartimentului de încărcare.

Cele două duze sunt fixate pe o sanie, care culisează pe ghidaje, pe întreaga lungime a compartimentului de încărcare. Sania este pusă în mișcare prin intermediul unui motor electric alimentat la 12V (sau 24 V), fixat pe sanie. Duzele sunt legate la o conductă centrală, care la rândul ei este legată la un furtun flexibil, prin care lichidul este condus către duzele de stropire.

În compartimentul de încărcare, pe plafonul superior al acestuia sunt plasați doi senzori de detecție, care în momentul în care detectează o anomalie, vor da un semnal de avertizare conducătorului auto prin intermediul unui display plasat în cabina de conducere. În același timp, un releu electric va comanda o pompă care va scoate lichidul de neutralizare din rezervor și îl va refula pe o conductă spre un furtun flexibil și, prin acesta, spre duzele de stropire.

O vedere de ansamblu a compartimentului de încărcare, sistemul de alimentare din rezervorul cu lichid neutralizant și sistemul mecanic de stropire sunt redată în figurile 5.9...5.11.

Cele două duze de stropire funcționează pe baza principiului supapei de sens, elementul care trebuie să elibereze jetul de lichid, fiind un piston care este acționat de forța a trei arcuri cilindrice elicoidale (fig. 5.12).

Stropirea se petrece în clipa în care valoarea presiunii lichidului, care tinde să deplaseze pistonul în jos, va fi mai mare decât valoarea forțelor celor trei arcuri care împing pistonul în sus și care sunt pretensionate inițial.

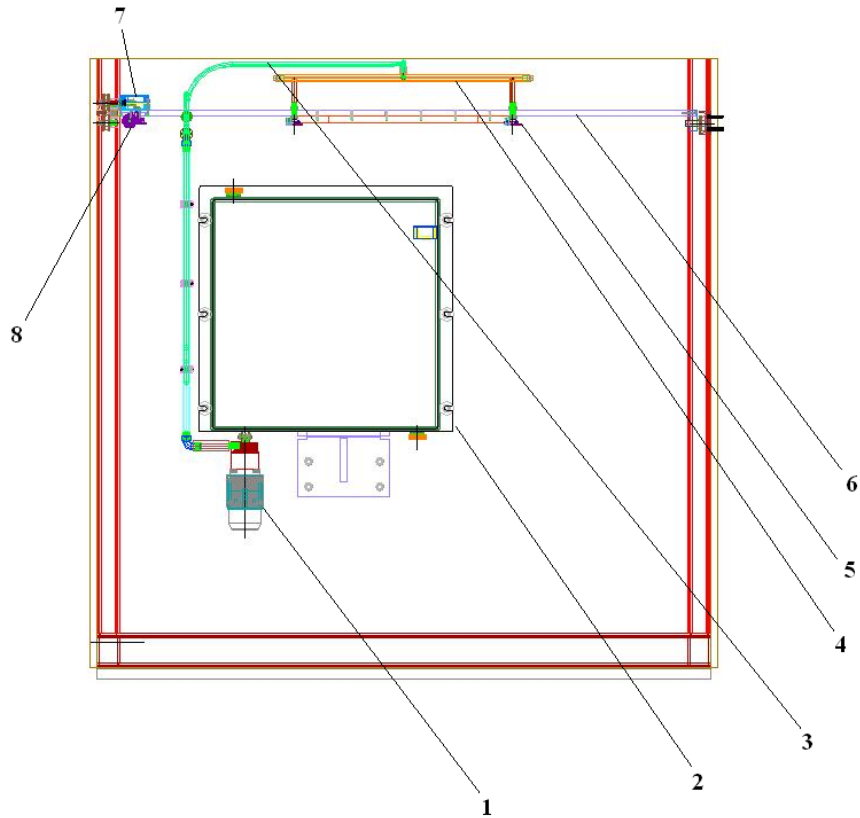


Fig. 5.8 Vedere de ansamblu fără peretele frontal- soluția 2 (1-pompă autoamorsantă, 2- rezervor lichid de neutralizare, 3-furtun flexibil, 4-conducta centrală, 5-duze stropire, 6-sanie suport, 7-angrenaj conic reductor, 8-servo-motor)

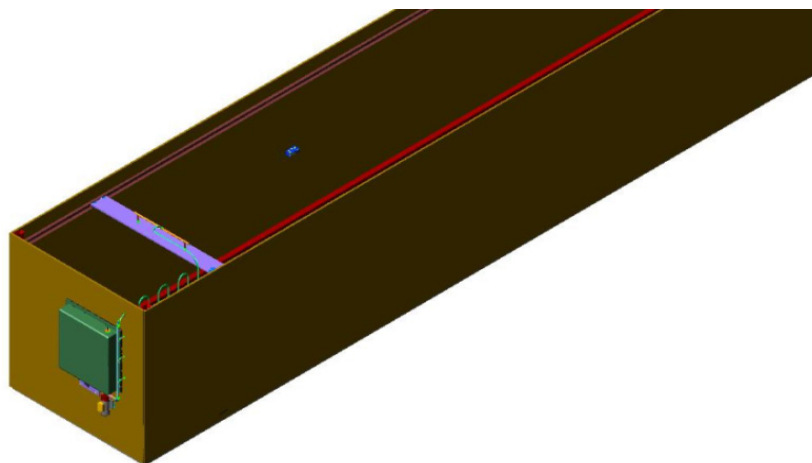


Fig. 5.9 Vedere de ansamblu a compartimentului de încărcare

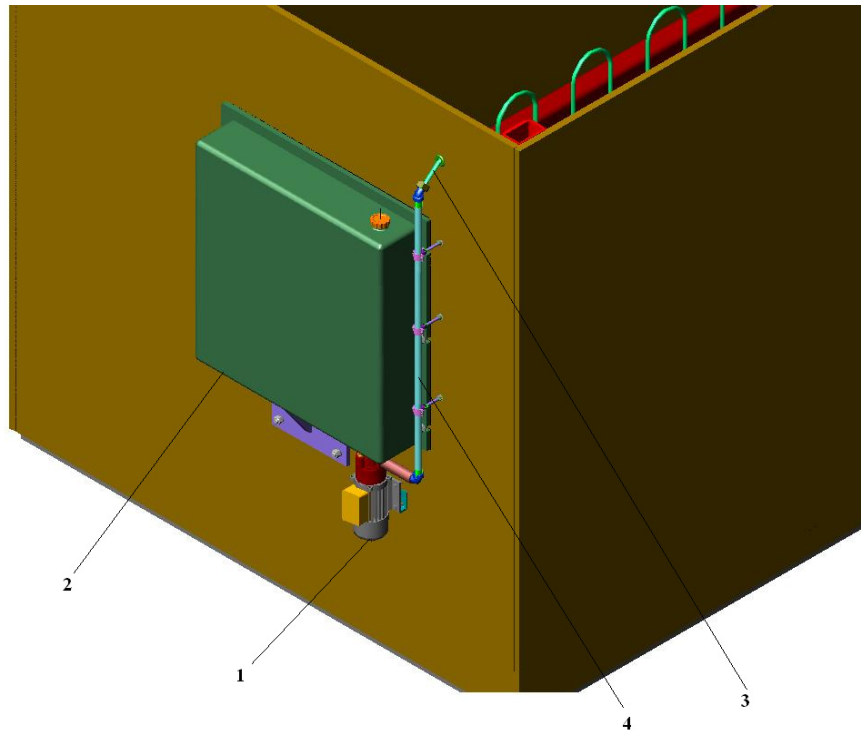


Fig. 5.10 sistemul de alimentare din rezervorul cu lichid neutralizant (1-pompă autoamorsantă, 2-rezervor lichid de neutralizare, 3-furtun flexibil 4-conductă principală de legătură cu pompa)

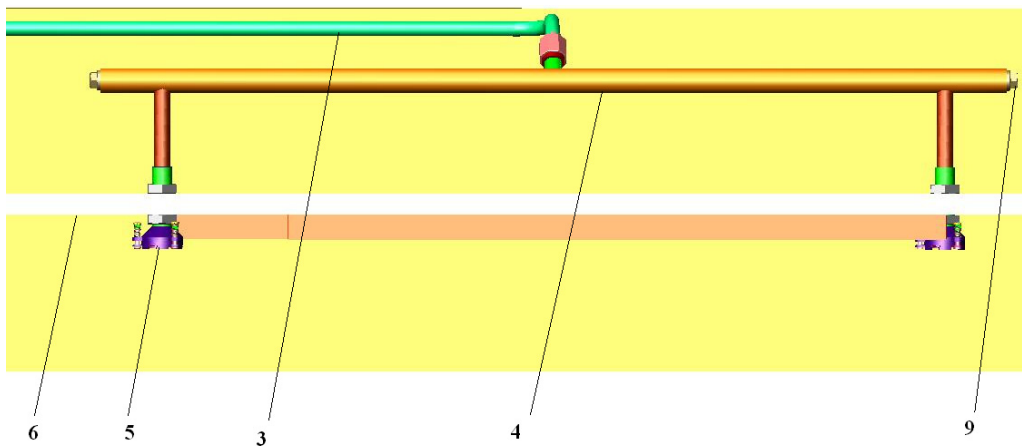


Fig. 5.11 Sistemul mecanic de stropire (3-furtun flexibil, 4-conductă centrală, 5-duze de stropire, 6-sanie, 9-nipluri)

Figura 5.13 ilustrează faptul că cele două duze sunt fixate la o distanță care să permită un grad de acoperire cât mai mare a ariei stropite.

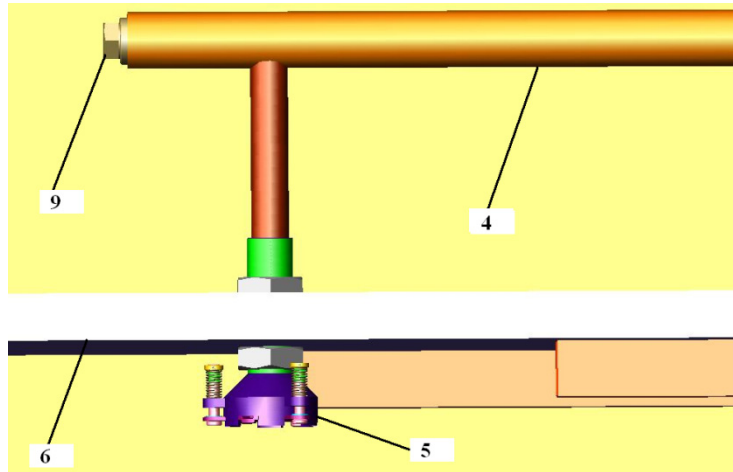


Fig 5.12 Detalii ale supapei de stopire

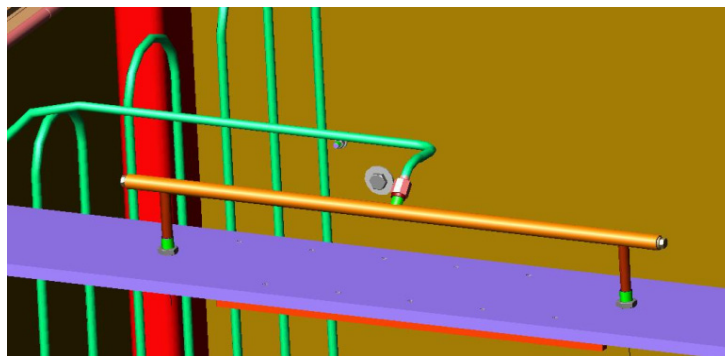


Fig. 5.13 Ansamblul sanie-conducte-furtun

Detaliile ansamblului role ghidare-servomotor-angrenaj conic reductor pot fi urmărite în figura 5.14.

Odată ce pompa începe să livreze lichidul de neutralizare, același releu electric va comanda funcționarea motorului electric, care este fixat pe sania (în partea inferioară). Acesta va pune în mișcare sania, prin intermediul unui angrenaj reductor cu roți dințate conice, cu dinți drepți, care va roti o rolă aflată la celălalt capăt al axului și care rulează pe ghidaj. Rola montată pe arborele de ieșire al angrenajului este considerată rola motoare, iar celelalte role sunt role conduse și au rol de susținere și ghidare.

Rolele de ghidare, respectiv de susținere sunt redată ca detalii, în figurile 5.15 și 5.16.

Odată motorul electric alimentat, sania culisează pe întreaga lungime a compartimentului de încărcare, iar prin intermediul duzelor de stopire, eliberează lichid de neutralizare peste întreaga încărcătură. Când sania ajunge la capătul compartimentului de încărcare, acesta atinge un tampon electro-magnetic, schimbându-se în acest moment sensul de deplasare a saniei. Același lucru se întâmplă și la extremitatea cealaltă a compartimentului.

Deplasarea saniei se va face până când senzorii de gaze vor detecta scurgeri peste limita prestabilită și atâta timp cât lichidul din rezervor nu este consumat.

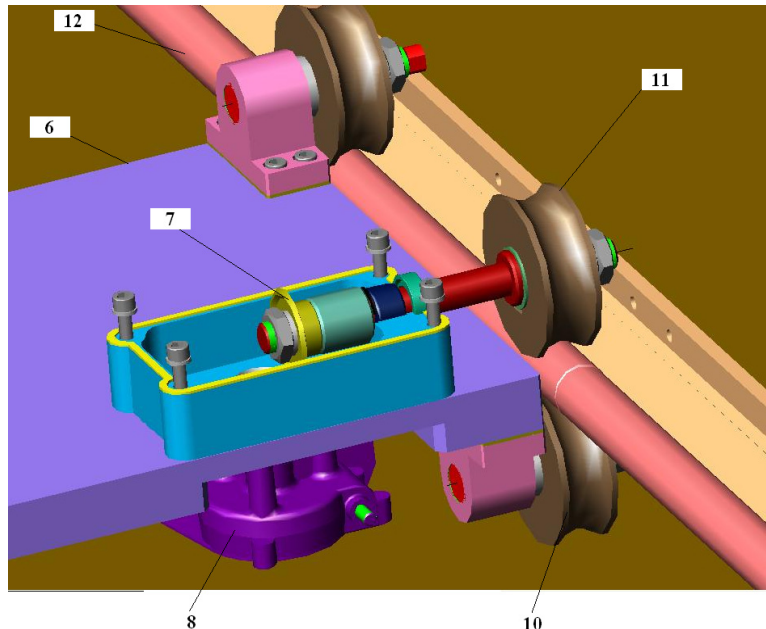


Fig. 5.14 Ansamblul role ghidare-servomotor-angrenaj conic reductor (6-sanie, 7-angrenaj conic , 8-motor electric, 10-rolă conducătoare, 11-role de ghidare, 12-ghidaj)

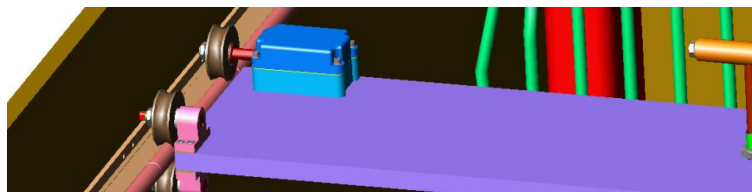


Fig. 5.15 Vedere izometrică - ansamblu role de ghidare și sanie

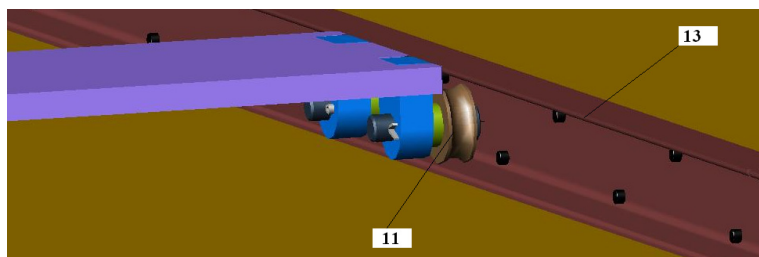


Fig. 5.16 Ansamblu role de susținere (11-rolă ghidare, 13- ghidaj U)

De asemenea, trebuie precizat faptul că lungimea furtunului flexibil și a cablurilor de alimentare trebuie să fie acoperitoare pentru toată lungimea compartimentului de încărcare.

Ca și în cazul primei soluții, analiza tehnico-economică și constructiv-funcțională relevă avantaje și dezavantaje.

Dintre avantajele soluției 2 se pot menționa următoarele:



- sistemul este caracterizat prin simplitate constructivă și tehnologică. Părțile componente și subansamblurile utilizate se pot achiziționa ca elemente tipizate de la firme de profil sau se pot confecționa în regie proprie
- consumul de lichid de neutralizare poate fi redus prin repartizarea doar pentru zona în care există o scurgere de gaze și/sau un posibil incendiu
- uzarea pieselor aflate în mișcare este redusă, elementele cele mai expuse uzării fiind cele două roți dințate conice și roțile care se deplasează în lungul ghidajelor
- funcționarea în cazul șocurilor se face fără probleme datorită celor două perechi de role plasate de o parte și de cealaltă a ghidajului cilindric.

Ca dezavantaje ale soluției se pot menționa:

- ineficiența acoperirii unei arii cât mai mari din compartimentul de încărcare în cazul unei scurgeri de gaze sau a unui posibil incendiu la scară mai mare
- în poziția de capăt a saniei în partea dinspre cabină, furtunul de alimentare cu lichid a conductei centrale se strânge foarte mult, în partea de jos ceea ce poate împiedica plasarea încărcăturii în această zonă
- în caz de răsturnare sau accident major cu distrugerea compartimentului de încărcare sistemul nu mai poate funcționa
- mărfurile periculoase vor putea ocupa cel mult 80% din volumul compartimentului de încărcare.

Ambele sisteme descrise prezintă avantaje și dezavantaje, dar, în mod cert, utilizarea oricăreia dintre soluțiile propuse conduce la o scădere majoră a riscului în ceea ce privește consecințele unui incident/ accident.

Opțiunea pentru una dintre soluții depinde de natura substanței periculoase și, respectiv, de modul de reacție al acesteia în cazul întrunirii condițiilor favorabile unui incident rutier. În acest caz prin punerea automată în funcțiune a sistemului de siguranță, sunt salvate vieți omenești, răni ale șoferului sau/și ale persoanelor aflate în raza de acțiune potențială a manifestării consecințelor, este protejat mediul de poluare și, eventual o parte a încărcăturii și autovehiculul sunt păstrate în stare bună.

Sistemul de siguranță descris în paragrafele anterioare a fost propus spre brevetare la OSIM. Cererea de brevet a fost publicată în RO-BOPI 5/2012, cu numărul de cerere a 2011 00199/04.03.2011, sub numele *Procedeu și instalație pentru neutralizarea/sesizarea acumulărilor de gaze periculoase și stingere a incendiilor în compartimentul de încărcare a unui vehicul de transport marfă*, în clasificarea internațională G08B 21/12, G08B 25/10 și B60Q 9/00, având ca unic autor pe Bușa Eugen [B17].

Implementarea unei astfel de soluții de siguranță, cel puțin în prezent și în România, nu există. Sistemul de siguranță poate fi atașat autovehiculului ca ansamblu suplimentar față de modelul standard sau poate fi cerut producătorului de autovehicule ca îmbunătățire față de acest model. În ambele cazuri sunt necesare investiții, pe care operatorii de transport fie nu și le permit, fie nu doresc să le facă, asumându-și riscul accidentelor rare, ca pierderi programate și inevitabile.

În mod rațional, investiția, chiar substanțială, este justificată având în vedere beneficiile de diverse categorii, pe termen lung.

Pentru a crește eficiența sistemului de siguranță atașat unităților de transport al unor substanțe foarte periculoase, s-a menționat și opțiunea montării un sistem de apelare a serviciului de urgență 112 - sistemul e-Call - care are rolul de a scurta timpul de intervenție al echipelor operative care intervin la locul producerii incidentului/accidentului în scopul salvării de vieți omenești, poluării mediului înconjurător și evitării producerii de daune materiale importante.

Sistemul e-Call (emergency call) urmărește arhitectura generală a sistemului 112, prezentată schematic în figura 5.17.

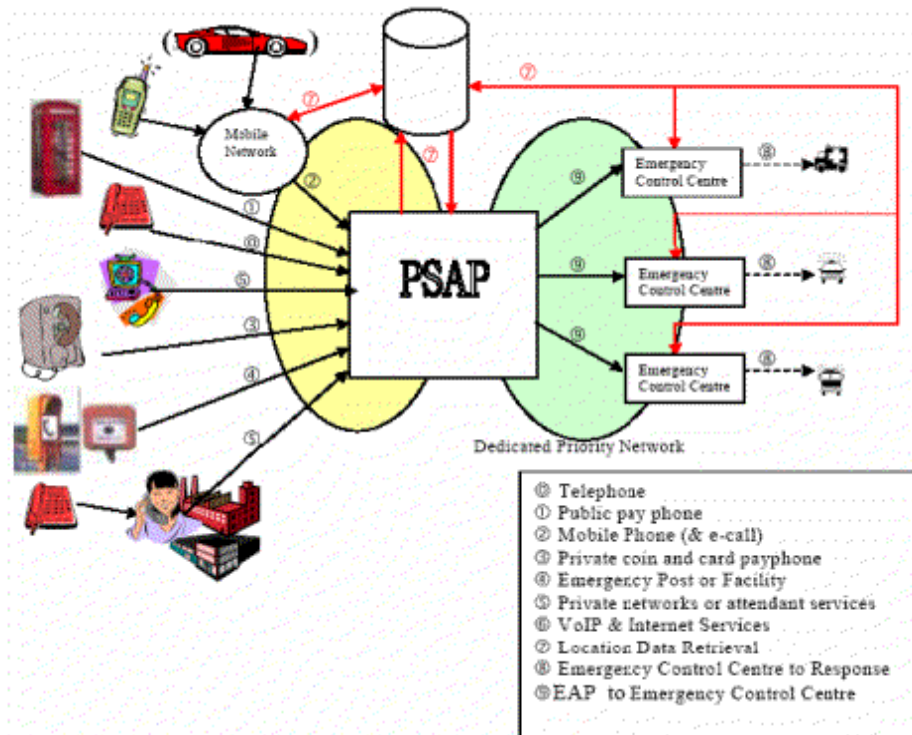


Fig. 5.17 Arhitectura sistemului e-Call

Apelurile provenite din diverse rețele sunt direcționate automat către Public Service Answering Point (PSAP), unde se află operatori special instruiți pentru a contacta Centrele de Control, care, la rândul lor, vor alerta serviciile necesare pentru a rezolva o urgență.

Sistemul 112 este funcțional în toate țările membre ale Uniunii Europene și, ca urmare, și în România. După cum se poate observa în figura 5.18, sistemul e-Call pentru un autovehicul dotat adecvat intră în funcțiune prin simpla apăsare a unui buton sau automat, datorită senzorilor din vehicul, după ce are loc un accident.

Apelul este direcționat către cel mai apropiat PSAP și se stabilesc două tipuri de legături, și anume, una de voce și una de date.

Legătura de voce permite persoanelor din vehicul să vorbească direct cu operatorul centrului PSAP. Legătura de date va trimite un Set Minim de Date care cuprinde: denumirea substanțelor periculoase din compartimentul de încărcare (la transportul de substanțe periculoase), momentul producerii accidentului, localizarea precisă, identificatorul vehiculului, starea echipamentului e-Call (cel puțin dacă a fost declanșat manual sau automat), informații despre un posibil furnizor de servicii.

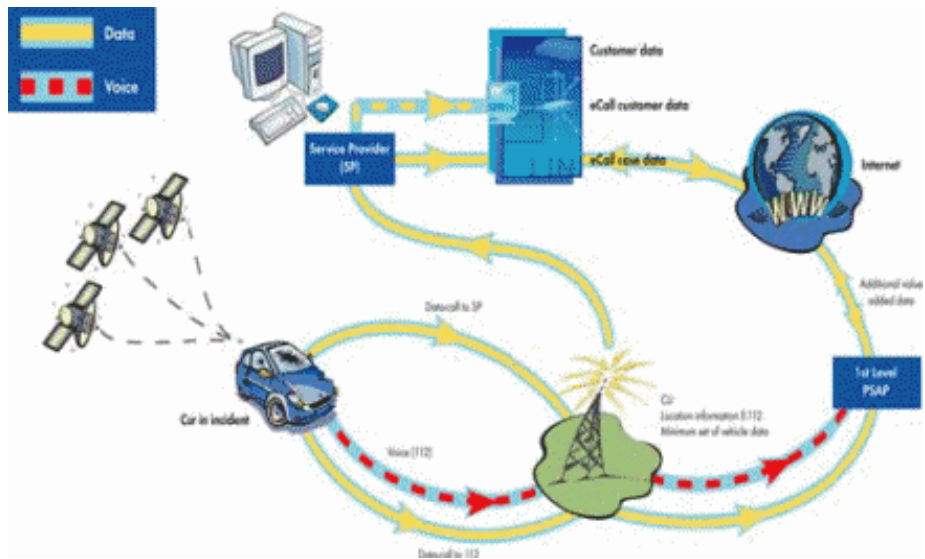


Fig. 5.18 Sistemul e-Call în cazul accidentelor rutiere, în care sunt implicate autovehicule dotate cu elementele necesare intrării în sistem

Datorită e-Call, pe baza informațiilor primite, operatorul de la centrul PSAP poate direcționa rapid, eficient și precis serviciile de intervenție către locul accidentului, oferind victimelor șanse reale de supraviețuire, reducerea riscurilor de contaminare a mediului și evitarea producerii de daune materiale importante.

### 5.3. Măsurile pentru prevenirea și reducerea agresivității mărfurilor periculoase asupra mediului ambiant

În prezent, atenția generală a societății este orientată din ce în ce mai mult spre problemele de mediu. Multe dintre guvernele țărilor dezvoltate iau în considerare subiectele „verzi”, iar în întreaga lume păstrarea resurselor energetice este o problemă acută și de interes primordial. Din perspectiva transporturilor și mai ales a transportului de mărfuri periculoase, se încearcă atingerea unui standard care să permită operarea unor transporturi cu un grad ridicat de securitate, avându-se totodată în vedere protecția mediului înconjurător.

Protecția mediului reprezintă, în prezent, una dintre preocupările primordiale la nivel mondial, caracterul său complex și interdisciplinar situând activitatea de protecție a mediului la intersecția dintre științele naturii, științele economice și nu în ultimul rând, științele tehnice.

Sursa îngrijorării o constituie deficitul de cunoștințe despre impactul multor chimicale asupra sănătății umane și mediului. Politica UE în domeniul chimicelor trebuie să asigure un înalt nivel de protecție al sănătății umane și a mediului, atât pentru generația existentă cât și pentru cele viitoare, concomitent cu funcționarea eficientă a pieții interne și competitivitatea industriei chimice. Pentru atingerea acestor obiective, principiul precauției este fundamental. Un alt obiectiv important este încurajarea substituirii substanțelor periculoase cu substanțe mai puțin periculoase, acolo unde există alternative adecvate.

Conform ADR, măsurile minime de siguranță, pe clase de substanțe periculoase sunt descrise mai jos.

*Gaze comprimate și lichefiate (clasa 2)*

Practic, există un pericol comun pentru toate gazele din această clasă și anume presiunea dezvoltată în recipientul care le conține. Eventuala creștere a temperaturii în timpul transportului, provoacă o creștere a presiunii în recipient cu consecința pericolului de explozie, zona incidentului fiind dificil de limitat, iar efectele provocate cu potențial de a fi fatale. În caz de urgență este necesar să se încerce blocarea scurgerii operând cu instrumente de protecție adecvate, contra – vânt și, dacă este posibil, trebuie evitat ca substanța disipată să pătrundă în locuri închise, care sunt expuse exploziei dacă gazul este inflamabil sau comburant.

În caz de incendiu, în apropierea recipientilor este oportună crearea unei arii reci, pentru împiedicarea apropierii flăcării, este imperativă intervenția pentru stingerea focului încercând stingerea lui și oprirea de a pătrunde în recipiente, pentru a se evita astfel incidentele ulterioare într-o zonă care trebuie să fie delimitată (se poate ajunge la o rază de 600 m).

În cazul transportului de butelii este necesar ca acestea să fie bine fixate, acoperite pe durata anotimpurilor primăvară – vară – toamnă (din luna aprilie până în octombrie) pentru a le proteja de razele solare. Pentru gazele inflamabile este absolut necesar să se evite contactul cu aerul, iar în timpul operațiunilor de încărcare-descărcare este interzis fumatul.

În cazul buteliilor de oxigen este interzisă manevrarea dispozitivelor cu mâinile murdare și utilizarea grăsimilor sau uleiurilor pentru întreținerea valvei. În cazul pierderii de oxigen dintr-o cisternă trebuie să se evite contactul cu asfaltul, cu iarba, lemnul etc. (se recomandă acoperirea cu pământ sau nisip).

Pentru răcirea recipientilor mărfurilor periculoase în timpul incendiului este oportun să se întrebuițeze apa. Prin expunere directă la foc se ajunge la temperaturi ridicate, cu posibilitatea ca apa de răcire să suporte fenomenul de pirosciziune (separarea O de H) și recombinație a componentelor cu explozie violentă).

*Substanțe lichide și materii solide inflamabile (clasele 3 și 4.1)*

Dacă se observă o pierdere de materiale este necesar să nu se creeze condiții de aprindere a produsului, evitând producerea de scântei și realizând delimitarea zonei în jurul locului accidentului. Pentru aceste clase substanța care pătrunde în locuri închise poate forma cu aerul un amestec de vapori explozivi.

Pentru a stinge un incendiu cauzat de o materie inflamabilă mai ușoară decât apa nu este oportună intervenția cu jeturi de apă pe flacără, ci cu extincatoare cu pulbere sau dioxid de carbon, care sunt mai ușoare decât combustibilul și împiedică acțiunea chimică directă a aerului. Apa ar putea să îndeplinească funcția de vehicul pentru întinderea lichidului inflamabil (mai ușor) în cavitate. De aceea, este necesar ca aceste substanțe să fie ferite de surse directe de lumină, foc sau oricare altă sursă de căldură, iar ambalajele trebuie să asigure protecția acestor mărfuri față de sursele externe de aprindere.

O precizare importantă în cazul unor asemenea lichide este aceea că ele pot fi miscibile sau nemiscibile cu apa, informație esențială în cazul unor incendii, pentru adoptarea mijloacelor specifice corespunzătoare de stingere a focului.

*Substanțe cu combustie spontană (clasa 4.2)*

Substanțele aparținând acestei clase reacționează spontan cu alte substanțe inclusiv aerul cu care intră în contact. Este necesar să se evite scurgerea materialelor în caz de accident, blocându-se căile de pierdere. Este oportun să se izoleze materialul contaminat folosind mijloace de protecție din dotare și să nu se meargă în zona respectivă. Unele mărfuri, cum ar fi de exemplu fibrele textile de natură vegetală, trebuie ferite de contaminarea cu uleiuri sau apă, ele fiind interzise

la transport în cazul acestei contaminări ca urmare a riscului prezent de autoaprindere care poate apărea la interval de câteva zile sau chiar săptămâni. Pe parcursul transportului acestor mărfuri trebuie să se acorde o mare atenție oricărei cauze posibile de creștere a temperaturii.

În caz de incendiu se utilizează extincătoarele specifice pentru substanța transportată, după ce s-a dispus contra vântului și au fost îndepărtate din zona incendiului eventualele materiale periculoase, existând posibilitatea exploziei ambalajelor, chiar dacă sunt intacte, în prezența unei temperaturi mai mult sau mai puțin ridicate.

*Substanțe care în contact cu apa degajă gaze inflamabile (clasa 4.3)*

În cazul acestor substanțe scurgerea este sursa unei serii de pericole diferite, motiv pentru care sunt considerate deosebit de periculoase. În cazul în care nu prezintă pericole imediate, trebuie să se blocheze scurgerea utilizând mijloace de protecție adecvate. Sub nici un motiv nu se utilizează jeturi de apă.

Caracteristicile tuturor acestor substanțe trebuie studiate cu mare atenție, iar la încărcarea lor în aceleași containere sau compartimente trebuie să se ia în considerare toate riscurile de interacțiune reciprocă. În cazul incendiilor, trebuie să se țină cont de faptul că utilizarea apei, a aburului sau a stingătoarelor cu spumă pe bază de apă poate conduce la agravarea situației.

*Substanțe comburante și peroxizi organici (clasa 5.1 și 5.2)*

Materiile comburante incendiază foarte ușor dacă intră în contact cu alte substanțe. Peroxizii organici, de exemplu, care au un grad ridicat de inflamabilitate, au posibilitatea de a forma amestecuri explozive care pot detona la o ciocnire, fără foc sau scânteie de inițiere.

Peroxizii organici trebuie amplasați cât mai departe de alte încărcături periculoase, surse de căldură, iar poziționarea într-un mijloc de transport să fie astfel încât să se asigure accesul imediat la ele, unele dintre aceste substanțe emanând în mod natural oxigen și fiind, de obicei, ambalate în recipienți prevăzuți cu mijloace de ventilație.

*Substanțe toxice și infecțioase (clasele 6.1 și 6.2)*

Datorită faptului că substanțele din aceste clase (în special clasa 6.1) pot provoca otrăviri prin absorbție cutanată, inhalare, ingerare sau arsuri, în caz de incendiu trebuie folosite obligatoriu mijloace de protecție. Unele dintre aceste substanțe sunt inflamabile și necesită măsurile impuse de acest aspect.

În cazul unor incendii, aproape toate substanțele otrăvitoare produc emanații de gaze toxice și de aceea sunt necesare echipamente adecvate, respectiv măști de gaze și haine de protecție.

În fiecare caz trebuie avertizate autoritățile, informându-le asupra gradului de toxicitate a materialelor dispersate, probabilitatea ca substanța transportată să provoace infecții. Trebuie delimitată zona și avertizată autoritatea sanitară.

*Substanțe radioactive (clasa 7)*

Condițiile de manipulare și de transport variază foarte mult în cadrul substanțelor incluse în această categorie. Pentru ambalarea acestora sunt prevăzute condiții foarte stricte, care sunt prescrise prin standarde internaționale dedicate.

*Substanțe corozive (clasa 8)*

În cazul acestor substanțe este întotdeauna indicată utilizare mănușilor în mânăuirea accesoriilor și controlul periodic al grosimii peretelui recipientilor. În cazul în care s-a detectat o discontinuitate trebuie să se efectueze imediat reparația, iar garniturile trebuie periodic controlate și înlocuite.

Oricare ar fi produsul transportat în recipiente sau cisterne, există și pericolul de incendiu cauzat de hidrogenul care se degajă ca urmare a coroziunii metalului.

*Substanțe care prezintă riscuri care nu au fost evidențiate de celelalte clase sau sunt dăunătoare pentru mediu (clasa 9)*

Aceste substanțe sunt de regulă transportate în ambalaje, ceea ce nu exclude transportul în cisterne sau containere-cisternă, riscul major fiind inhalarea pulberilor (talc sau amiant pentru care este indispensabilă folosirea mijloacelor de protecție potrivite). În caz de incendiu, se va evita arderea materialelor care degajă dioxină și, în caz contrar, se va delimita zona și se vor avertiza imediat autoritățile sanitare.

Conștientizarea pericolelor prezentate de către mărfurile periculoase transportate trebuie să privească nu numai expeditorul, transportatorul și destinatarul mărfurilor periculoase. Se propune ca primă măsură de maximă importanță crearea unor echipe specializate care să intervină cu maximă promptitudine și profesionalism la incidentele/accidentele care implică mărfuri periculoase. Acest organism de sine stătător, bine definit, cu atribuții structurate pe domeniul mărfurilor periculoase ar putea să împiedice în viitor accidente majore soldate cu pagube materiale, pierderi de vieți omenești și poluarea mediului tot mai accentuată. Aceste echipe pentru a fi eficiente trebuie să existe în fiecare județ, să poată opera cu promptitudine și să fie formate din profesioniști care să cunoască în amănunțime proprietățile mărfurilor periculoase. Pompierii în acest moment sunt depășiți de problematica mărfurilor periculoase demonstrând de nenumărate ori incapacitatea de a gestiona acest domeniu.

Se propun, în continuare, următoarele măsuri organizatorice, educative și de control pentru prevenirea agresivității mărfurilor periculoase asupra mediului ambiant:

- Desemnarea pentru fiecare întreprindere sau punct de lucru-expeditor sau transportator a unuia sau a mai multor consilieri de siguranță pentru mărfuri periculoase
- Instruirea continuă a personalului cu funcții care concură la siguranța mărfurilor periculoase
- Elaborarea unor proceduri de punere în aplicare a măsurilor de urgență adecvate și după caz, de redactare a raportului, în cazul accidentelor, incidentelor sau abaterilor grave constatate în timpul transportului, încărcării sau descărcării mărfurilor periculoase
- Elaborarea unor proceduri de verificare a echipamentelor utilizate la transportul, încărcarea sau descărcarea mărfurilor periculoase
- Implementarea măsurilor necesare prevenirii repetării accidentelor, incidentelor sau abaterilor grave din timpul transportului, încărcării sau descărcării mărfurilor periculoase
- Verificarea faptului că personalul implicat în transportul, încărcarea sau descărcarea mărfurilor periculoase dispune de proceduri și instrucțiuni de lucru detaliate
- Adoptarea de măsuri în scopul sensibilizării la riscul inerent transportului, încărcării sau descărcării mărfurilor periculoase.

Dezvoltarea, modernizarea și eficientizarea transporturilor rutiere este posibilă prin completarea și armonizarea legislației rutiere în țările din Uniunea Europeană, îmbunătățirea securității rutiere și ridicarea nivelului de pregătire a personalului care este implicat în procesul de transport.

Ca obiectiv național, este necesar să se impună promovarea unui sistem de transporturi a mărfurilor periculoase în România care să faciliteze mișcarea în siguranță, rapidă și eficientă a mărfurilor la nivel național și internațional, în conformitate cu standardele europene.

Interesul României pentru alinierea la reglementările din domeniul transporturilor de mărfuri periculoase reprezintă un pas înainte spre creșterea siguranței logisticii acestor mărfuri, conferind astfel încredere partenerilor și potențialilor parteneri ai României.

#### 5.4 Măsuri educaționale propuse pentru creșterea siguranței transportului de mărfuri periculoase

Creșterea siguranței în traficul rutier care implică transportul de mărfuri periculoase presupune pe lângă componenta tehnică puternic interdisciplinară (care integrează proiectarea mecanică, automatizarea, chimia aplicată, telecomunicațiile etc.) și o componentă educațională solidă, care să asigure implementarea corectă a măsurilor tehnice și asimilarea procedurilor legale de intervenție. Pe lângă instruirea consilierului de siguranță al operatorului de transport și pregătirea teoretică, respectiv atestarea de către ARR a conducătorilor auto care, pe baza atestării sunt singurii autorizați să efectueze transporturi de mărfuri periculoase, se propune un program special de instruire, denumit *ADR Safety-Training*. Acesta se adresează conducătorilor auto, care în mod nemijlocit pot ajunge în situația de a gestiona un incident.

În tabelele 5.2 și 5.3 sunt descrise Programul Safety Training, respectiv Programul Special Safety Training, ca extensie de aprofundare a celui dintâi [B8], [B15].

Tabelul 5.2 Programul Safety Training

Safety Training	
Scop general	conștientizarea importanței instruirii, explicarea motivației, asimilarea de cunoștințe teoretice, dezvoltarea de abilități de excelență în aplicarea de proceduri de securizare a deplasării și de tehnici de conducere de maximă siguranță, economice și ecologice
Mijloace	efectuarea de exerciții practice și antrenamente de explorare individuală asistată: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> a situațiilor caracteristice și limită, specifice conducerii și exploatării autovehiculelor în general</li> <li><input type="checkbox"/> a exercitării atribuțiilor de conducător auto profesionist, în particular (exerciții special concepute, organizate și desfășurate în condiții de poligon și/sau de traseu/trafic adecvate, în vederea ameliorării și dezvoltării capacității conducătorilor auto)</li> </ul>
Tematică	tehnici de informare, evaluare, anticipare, judecată și de acțiune eficace, axate pe anticipare și prevenire și, respectiv, pe gestiunea rațională a situațiilor și riscurilor caracteristice conducerii și exploatării autovehiculelor tehnici de evitare și mod de procedură în situații care reclamă urgență în intervenții la transportul de mărfuri periculoase tehnici de conducere economică și ecologică a autovehiculelor
Finalitate	identificarea, judecata elaborată, explorarea/ experimentarea, conștientizarea motivațională a intervențiilor/acțiunilor întreprinse și asimilarea de proceduri standard și de tehnici de conducere adecvate, pragmatice și de succes, în vederea reducerii consumurilor și maximizarea siguranței deplasării, raportat la performanțele și particularitățile constructive ale autovehiculului condus și, respectiv, la capacitățile individuale proprii conducătorului auto

Tabelul 5.3. Programul Special Safety Training

Special Safety Training	
Scop general	experimentarea practică de tehnici de conducere de maximă siguranță, de aplicat în caz de risc iminent ori situații limită caracteristice circulației rutiere – previzibile sau neprevăzute și care reclamă urgență în intervenții – determinate de vizibilitatea limitată ori de riscul sau în caz de pierdere a substanțelor periculoase, aderență etc.
Mijloace	efectuarea de exerciții practice și antrenamente de explorare individuală asistată a: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> performanțelor și particularităților de comportament ale autovehiculului în diferite situații și condiții de drum și de aderență;</li> <li><input type="checkbox"/> capacităților, reacțiilor/reflexelor, particularităților precum și a limitelor individuale proprii – caracteristice conducătorului auto, în situații limită și/sau de risc determinante din punctul de vedere al siguranței conducerii autovehiculului, organizate și desfășurate sub asistență interactivă în condiții de poligon special amenajat, în scopul ameliorării și dezvoltării capacității conducătorilor auto</li> </ul>
Tematica	perfecționarea tehnicilor de exploatare eficientă a comenzilor, dotărilor și, respectiv, de manevrare a volanului perfecționarea tehnicilor de informare, evaluare, anticipare și judecată în condiții de certitudine – în caz de acțiuni/intervenții impuse ca fiind de oportunitate ori generate de un pericol iminent perfecționarea tehnicilor de adaptare a modului de deplasare la condițiile de trafic, de vizibilitate și de aderență caracteristice în situații de referință, din punctul de vedere al gestiunii siguranței deplasării optimizarea tehnicilor de evitare și a modului de procedură în situații care reclamă urgență în intervenții
Finalitate	asimilarea de proceduri standard și de tehnici de conducere adecvate, eficiente, fezabile, pragmatice și de succes – care se impun a fi aplicate în vederea menținerii controlului asupra vehiculului în situații limită – raportat la performanțele și particularitățile constructive ale autovehiculului condus și, respectiv, la capacitățile individuale proprii conducătorului auto intervenții și măsuri de siguranță care se impun în caz de incident/accident de mărfuri periculoase.

Cele două programe au fost acreditate și implementate. Cursurile se organizează la cererea operatorilor de transport contra cost. Seriile care au urmat aceste cursuri sunt puțin numeroase și provin de la companii mari, cu potențial financiar.

Implicarea României în economia europeană și globală obligă la extinderea abordării problematicii mărfurilor periculoase și la nivelul structurilor formative, care asigură competențele în domeniu. Centrele de formare de specialitate, trebuie să-și adapteze preocupările la aceste realități și să-și completeze oferta educațională în mod corespunzător.



## 5.5. Concluzii și contribuții personale

Capitolul al cincilea al tezei de doctorat prezintă o sinteză a caracteristicilor constructiv-funcționale ale sistemelor de transport al mărfurilor periculoase, așa cum sunt impuse prin legislație.

Se constată că elementele de siguranță vizează în special materialele din care sunt prelucrate piese sau subansambluri care vin în contact direct sau se află în apropiere de substanțele periculoase transportate și la măsurile generale aplicabile sistemului electric al autovehiculului, măsuri care vizează prevenirea încălzirii sau împiedicarea prin ecranare a transmiterii căldurii în compartimentul de transport. Rezultă că aceste elemente cu caracter general trebuie suplimentate cu sisteme specifice fiecărui tip de substanță (eventual cu generalizare pe clase), sisteme care nu sunt incluse în modelul standard al autovehiculelor, cu excepția cisternelor dedicate unui anumit tip de transport.

În teză se propun două soluții constructive, proiectate pentru funcționarea într-un sistem automat de monitorizare continuă a parametrului sau parametrilor care definesc pericolul și pentru intervenția imediată și rapidă în cazul unui incident, concomitent cu apelarea prin sistemul e-Call a unităților de intervenție necesare.

Sistemul de siguranță descris în prezentul capitol a fost propus spre brevetare la OSIM. Cererea de brevet a fost publicată în RO-BOPI 5/2012, cu numărul de cerere a 2011 00199/04.03.2011, sub numele *Procedeu și instalație pentru neutralizarea/sesizarea acumulărilor de gaze periculoase și stingere a incendiilor în compartimentul de încărcare a unui vehicul de transport marfă*, în clasificarea internațională G08B 21/12, G08B 25/10 și B60Q 9/00, având ca unic autor pe Bușa Eugen [B17]. Principial, cele două soluții se bazează pe informația furnizată de un senzor de temperatură, fum sau natura chimică a substanței care a contaminat aerul dintr-un container etanș. Depășirea limitei impuse pentru parametrul considerat ca responsabil în declanșarea unor procese periculoase (incendiu, explozie, scurgeri cu potențial toxic etc.) pune în funcțiune sistemul mecanic de stopare a procesului și sistemul e-Call de solicitare a sprijinului forțelor de intervenție. Prima soluție se bazează pe difuzarea volumică a materialului de neutralizare a substanței periculoase sau stingere a focarelor de incendiu prin duze atașate unei conducte principale, fixate pe peretele longitudinal al containerului etanș. Materialul de neutralizare/stingere este stocat într-un rezervor special, inclus într-un sistem hidraulic, prevăzut cu o pompă și conducte secundare de circulație a fluidului. Acoperirea volumică a interiorului containerului este asigurată de un sistem mecanic de oscilație a conductei principale, sistem care conține un motoreductor și limitatori de cursă. A doua soluție propune un sistem tip cărucior prevăzut cu două duze largi, care refulează materialul activ sub formă de jeturi și traversează pe lungime containerul, cu ajutorul unui sistem de acționare electrică și a unui sistem de rulare, pe care se rostogolesc rola conducătoare și rolele de sprijin.

Ambele soluții prevăd colectarea materialului de reacție dintre vaporii substanței periculoase și fluidul de neutralizare sau a reziduurilor de ardere combinate cu materialul de stingere, într-un sistem de grătare neutre chimic, umplute cu bureți de absorbție a produselor care se colectează pe podeaua containerului. Cele două soluții sunt analizate comparativ după criteriile de eficiență tehnică și economică.

În paragraful al treilea se propun câteva măsuri de organizare și procedurale specifice sistemului de management al transportului de mărfuri, cum ar fi:

- ❑ Desemnarea pentru fiecare întreprindere sau punct de lucru-expeditor sau transportator a unuia sau a mai multor consilieri de siguranță pentru mărfuri periculoase
- ❑ Instruirea continuă a personalului cu funcții care concură la siguranța mărfurilor periculoase
- ❑ Elaborarea unor proceduri de punere în aplicare a măsurilor de urgență adecvate și, după caz, de redactare a raportului, în cazul accidentelor/incidentelor sau abaterilor grave constatate în timpul transportului, încărcării sau descărcării mărfurilor periculoase
- ❑ Elaborarea unor proceduri de verificare a echipamentelor utilizate la transportul, încărcarea sau descărcarea mărfurilor periculoase
- ❑ Implementarea măsurilor necesare prevenirii repetării accidentelor, incidentelor sau abaterilor grave din timpul transportului, încărcării sau descărcării mărfurilor periculoase
- ❑ Verificarea faptului că personalul implicat în transportul, încărcarea sau descărcarea mărfurilor periculoase dispune de proceduri și instrucțiuni de lucru detaliate
- ❑ Adoptarea de măsuri în scopul sensibilizării la riscul inerent transportului, încărcării sau descărcării mărfurilor periculoase.

În ultimul paragraf este dezvoltată propunerea privind creșterea siguranței transportului de mărfuri periculoase prin administrarea unor măsuri educaționale.

Sunt detaliate elementele caracteristice programelor Safety Training și Special Safety Training. Concluzia generală care rezultă parcurgând acest capitol este aceea că, în România, siguranța transportului de mărfuri periculoase nu se află la cele mai înalte standarde, dar poate fi îmbunătățită prin investiții în sisteme specifice de siguranță și inițierea unor măsuri de instruire a celor care operează cu astfel de substanțe. Scăderea riscului nu poate fi lăsată numai pe seama operatorilor de transport, care nu au capacitatea financiară și pârghiile de impunere a unor proceduri adecvate, ci este obligatorie și implicarea statului prin agențiile sale de profil, care, în prezent există, dar nu desfășoară o activitate eficientă.

În capitolul al patrulea al tezei se pot menționa contribuții personale, dintre care se amintesc următoarele:

- ❑ sinteza și evaluarea eficienței prevederilor internaționale privind măsurile tehnice metite să reducă riscul incidentelor în transportul mărfurilor periculoase
- ❑ propunerea a două soluții originale de sisteme automate de sesizare și neutralizare a pericolelor în incinta containerelor de transport, propunere depusă la OSIM spre brevetare și publicată de această instituție în Buletinul Oficial de Proprietate Industrială, nr. 5/2012
- ❑ generarea CAD a tuturor subansamblurilor și pieselor constructive din componența sistemului de siguranță propus spre brevetare
- ❑ generarea CAD a modelului de funcționare a sistemului de stingere (video)
- ❑ propunerea unui set de măsuri organizatorice, educative și de control pentru prevenirea agresivității mărfurilor periculoase asupra mediului ambiant, măsuri care pot să diminueze riscul transportului substanțelor descrise în ADR, clasele 2 – 9
- ❑ dezvoltarea unor programe educaționale aprofundate, destinate conducătorilor auto, care, în mod nemijlocit, trebuie să contribuie la identificarea pericolelor și implementarea primelor măsuri de diminuare a pericolelor în cazul unui incident. Programele au fost acreditate și sunt implementate la cererea operatorilor de transport interesați.

## 6. Aplicații privind calculul sistemelor de siguranță și logisticii asociate transportului de mărfuri periculoase

### 6.1. Calculul parametrilor mecanici și hidraulici ai sistemului de siguranță

#### 6.1.1. Calculul debitului de lichid necesar stingerii unui incendiu în care sunt implicate substanțe periculoase

Toate calculele desfășurate în acest paragraf se referă la soluțiile de creștere a siguranței prezentate în paragraful 5.2.

Stabilirea cantității de lichid necesare pentru stingerea unui incendiu, inițiat în compartimentul de încărcare al autovehiculului, este primul pas în alegerea și dimensionarea unor componente ale instalației de stropire cum ar fi rezervorul, conductele, precum și pompa.

Exemplul de calcul presupune că substanța transportată este amoniacul. Descrierea detaliată a acestuia a fost redată în tabelul 3.1. Caracteristica cea mai relevantă pentru aplicație este caracterul inflamabil al amoniacului, care se încadrează în clasa 2 (gaze). Substanța se transportă în autovehicule corespunzător semnalizate și este ambalată în butelii sau butoaie (fig. 6.1).

Arimarea trebuie să asigure ancorarea recipientelor în vehicul sau container astfel încât acestea să nu se răstoarne sau să cadă. Buteliile trebuie aranjate în sensul longitudinal sau transversal al vehiculului sau containerului. Cele situate în apropierea peretelui transversal din față trebuie plasate în sens transversal (buteliile scurte și de diametru mai mare de 30 cm pot fi plasate longitudinal, cu dispozitivele de protecție ale robinetelor orientate către mijlocul vehiculului sau containerului).



Fig. 6.1 Autovehicul care transportă amoniac ambalat în butoaie și semnalizarea corespunzătoare transportului

Butoaiele care sunt suficient de stabile pot fi plasate în picioare sau pot fi așezate în dispozitive de protecție împotriva răsturnării (fig. 6.2), pe când buteliile culcate trebuie fixate, atașate sau ancorate într-o manieră sigură și adecvată astfel încât să nu se poată deplasa.



Fig. 6.2 Container/compartiment de încărcare unde se află butoaie cu amoniac

Debitului necesar pentru stingerea unei substanțe este [A5]:

$$q_{i\text{ nec}} = k_2 \cdot 60 \cdot A \cdot I_s \left[ \frac{1}{\text{min}} \right], \quad (6.1)$$

unde  $q_{i\text{ nec}}$  este debitului necesar de apă îmbunătățită pentru stingere,  $k_2$  - coeficient de corecție adimensional conform tabelului 6.1,  $A$  - suprafața de stingere,  $I_s$  - intensitatea de stingere.

Tabelul 6.1 Valorile coeficientului  $k_2$  - extras

	Cazuri	$k_2$
Stingerea și protecția cu apă îmbunătățită și netratată chimic	Pentru determinarea debitului de soluție	0.6
	Pentru determinarea apei necesare producerii ei	0.5988
	Pentru determinarea debitului și consumului de substanță tensioactivă	0.0012
	Pentru determinarea debitului necesar de apă și apă pulverizată, netratate chimic și determinarea debitului necesar pentru protecția elementelor de construcție, a golurilor, instalațiilor și utilajelor	1

Ca vehicul de transport s-a optat pentru o semiremorcă frigorifică potrivită pentru această marfă periculoasă. Caracteristicile acesteia sunt prezentate în tabelul 6.2.

Rezultă o suprafață de stingere:

$$A = 13.5 \cdot 2.5 = 34 \text{ m}^2. \quad (6.2)$$

Tabelul 6.2 Caracteristicile semiremorcii frigorifice

Caracteristică	Descriere/Simbol/Valoare
Categoria	SEMIREMORCA O4
Caroseria	DA frigorifică
Marca	SCHMITZ
Tip	SKO 24
Masă proprie	8450 kg
Masă maximă autorizată	42000 kg
Sarcină utilă maximă autorizată	33550 kg
Maximă autorizată pe axă	27000 kg
Dimensiunile de gabarit	L=14000 mm, l=2600 mm, h=4000 mm

Intensitatea de stingere/răcire necesară, conform tabelului 6.3 [A5] este (prin asimilare a compartimentului de încărcare cu corpul unui avion):

$$I_s = 0.1 \text{ l/sm}^2. \quad (6.3)$$

Tabelul 6.3 Intensități de stingere, protecție și răcire - extras

Intensități de stingere și protecție cu apă și apă pulverizată pentru materialele cu $H_c < 3 \text{ m}$ și intensități pentru protecția golurilor				
Materialele combustibile care ard sau secții de producție în care s-a produs incendiul	$I_s$			$I_{pr}$ [l/s x m <sup>2</sup> ]
	[l/s x m <sup>2</sup> ]	[l/s x m]	pulv.[l/s x m <sup>2</sup> ]	
Acoperișuri mari combustibile	0.13-0.15	0.65-0.75	0.13-0.15	0.07
Corpul avioanelor	0.3	-	0.2	0.1
Garaje	0.1	-	0.05	0.03
Lemn sub formă de grinzi și mobilă	0.1	-	0.06	0.05

Se obține debitului necesar:

$$q_{i \text{ nec}} = 1 \cdot 60 \cdot 34 \cdot 0.1 = 204 \text{ l / min} . \quad (6.4)$$

### 6.1.2. Determinarea numărului capetelor de debitare

Numărului capetelor de debitare (duze amplasate pe conducta principală) necesar este:

$$N_{cd} = \frac{q_{inec}}{q_{ij}} \Rightarrow N_{cd} = \frac{204}{110} = 1.85 \approx 2 \text{ [capete de debitare]} \quad (6.5)$$

unde  $N_{cd}$  este numărul capetelor de debitare,  $q_{ij}$  - debitul unui cap de debitare, P - presiunea,  $q_{inec}$  - debitului necesar de apă pentru stingere.

Calculul numeric s-a efectuat pentru o presiune de 3 atm și debitul unui cap de debitare de 110 l/min (tab. 6.4 [A5]).

Conform normativelor care reglementează infrastructura și logistica pompierilor, diametrul minim al ajutorului luat în calcul este de 10 mm (tab. 6.4), caz pentru care s-a aplicat numeric algoritmul de mai sus.

Tabelul 6.4 Debitul specific ale capetelor de debitare a apei - extras

Presiunea $H_j$ în m $H_2O$	Detalii	Diametrul ajutorajelor în mm							
		10	12	14	16	20	30	36	40
30	$L_j$	21.5	23.0	24.5	26.5	28.6	34.5	38.0	44.0
	$H_j$	16.0	17.0	18.0	18.8	20.6	22.5	24.0	25.0
	$q_{ij}$	110	170	220	280	455	1000	1400	1810
50	$L_j$	26.5	27.3	29.4	31.8	36.6	48.4	56.0	61.0
	$H_j$	20.0	21.0	22.0	23.2	26.4	35.8	40.0	42.0
	$q_{ij}$	150	215	290	365	590	1320	1910	2350
100	$L_j$	-	-	33.8	36.8	46.2	60.6	70.0	74.5
	$H_j$	-	-	25.9	27.5	35.0	47.2	51.6	54.0
	$q_{ij}$	-	-	400	525	820	1870	2700	3300

Se consideră oportună creșterea numărului de duze și scăderea diametrului nominal al acestora, pentru eficiența procesului de stingere.

Conform normei ISO DIN 71412, din gama de diametre standard se alege  $\Phi = 2.5$  mm pentru duzele capetelor de stropire. La același debit total, pentru un număr de 8 duze va rezulta un debit pe duză  $q_{ij} = 27.5$  l/min.

În figura 6.3 este prezentată o schiță a modului în care este pulverizat lichidul de neutralizare prin două duze consecutive, separate de o distanță nominală de 1632 mm, în cazul în care numărul total al acestora este 8. Secțiunea conului de pulverizare este caracterizată prin unghiul  $\delta$ , a cărei mărime este de dorit să fie cât mai mare. Condiția de acoperire a întregului volum al compartimentului este intersectarea acestor conuri la o înălțime dată.

Din datele de catalog puse la dispoziție de firmele care furnizează echipamente și produse în domeniul hidraulic, unghiul  $\delta$  poate varia între  $45^\circ \dots 120^\circ$ , care coroborat cu lungimea de distribuție a duzelor precum și cu diametrul lor (2.5 mm), conduce la concluzia că este necesară creșterea numărului capetelor de debitare.

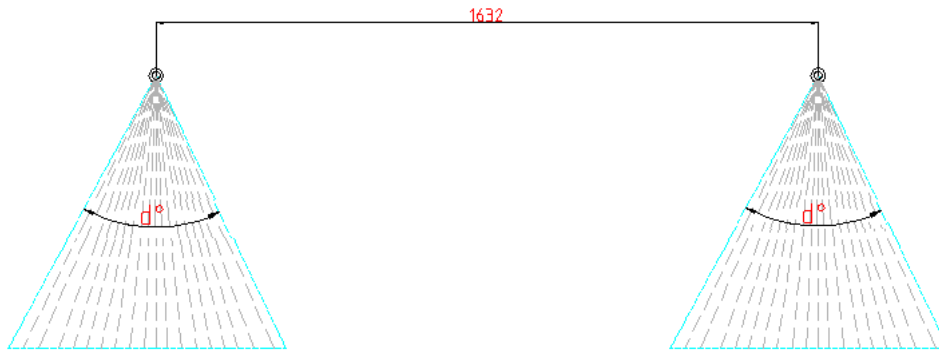


Fig. 6.3 Distanța dintre jeturile de lichid, pentru 8 capete de debitare, cu evidențierea unghiului de pulverizare  $\delta$

Numărul de duze se majorează de la 8 la 24, iar distanța dintre ele devine 500 mm (fig. 6.4). Se asigură astfel o intersecție a conurilor la aproximativ un sfert din înălțime.

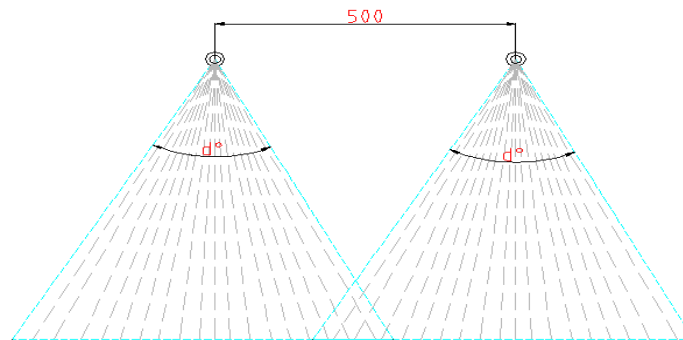


Fig. 6.4 Întrepătrunderea jeturilor de lichid pentru 24 capete de debitare

Mărind numărul de capete de debitare și păstrând valoarea debitului aferent unei duze, rezultă, în final, debitul necesar instalației:

$$q_{\text{instalatie}} = 27.5 \cdot 24 = 660 \text{ l / min.} \quad (6.6)$$

### 6.1.3. Stabilirea cantității de substanță de stingere și determinarea parametrilor hidraulici ai curgerii

Stabilirea cantității de lichid pentru stingerea unui incendiu din compartimentul de încărcare, respectiv volumul rezervorului cu lichid (cu posibilitatea determinării dimensiunilor acestuia) se face luând în considerare durata intervenției [A5]:

$$V_{\text{rez}} = \frac{T \sum_{i=1}^{24} q_i}{1000} = \frac{660 \cdot 1.5}{1000} = 0.99 \cong 1 \text{ m}^3. \quad (6.7)$$

unde T este durata operațiunilor de stingere [min], iar  $q_i$ =debitul de refulare pe duză.

Conform tabelului 6.5 stingerea lichidelor combustibile cu apă pulverizată necesită minimum 1 minut. În relația (6.7) s-a ales  $T = 1.5$  min.

Calitatea extincătoare și neutralizatoare a apei de stingere se îmbunătățește prin adăugarea unor substanțe specifice celor utilizate de pompieri. De exemplu, amestecul apei cu un detergent, crește aderența la substanța care arde și la substanțele solide, în general.

Tabelul 6.5 Valorile de calcul pentru  $T_t$  în minute, pe operații de stingere - extras

Operația de stingere	Durata $T_t$ , în minute
1. Stingerea materialelor combustibile solide cu apă, apă pulverizată sau apă îmbunătățită chimic	20
2. Stingerea lichidelor combustibile cu apă pulverizată	1-5
3. Stingerea lichidelor combustibile în rezervoare, cu instalații fixe pentru producere spumei	30
4. Stingerea cu pulbere a lichidelor combustibile și materialelor solide	0,25
5. Stingerea cu bioxid de carbon	1-30

Întreaga instalație mecanică de stingere trebuie asigurată cu elemente de etanșare, care pe lângă rezistența la presiune mecanică trebuie să fie rezistente chimic la compoziții de îmbunătățire a apei.

Un fenomen care poate apărea la punerea în funcțiune a instalației este cel de lovitură de berbec. Acest fenomen este o mișcare nepermanentă care are loc într-o instalație hidraulică ca urmare a variației bruște a regimului de funcționare. Dintre parametrii care determină apariția loviturii de berbec, cei mai importanți sunt presiunea și debitul. În cazul de față, efectele acestui fenomen se accentuează în nodurile rețelei hidraulice unde există numeroase coturi, racorduri, furtune flexibile etc.

Pentru a evalua posibilitatea apariției acestui fenomen în instalația hidraulică a sistemului de stropire, trebuie cunoscută natura regimului de curgere a lichidului prin numărul Reynolds [F2]:

$$Re = \frac{D \cdot V}{\nu}, \quad (6.8)$$

unde  $D$  este diametrul conductei,  $V$  - viteza de curgere a lichidului prin conductă:

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot \rho}, \quad (6.9)$$

$\rho$  - densitatea,  $\nu$  - vîscozitatea cinematică a fluidului.

Vîscozitatea apei este:

$$\nu_{apa} = 1.17 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{sec}. \quad (6.10)$$

Viteza de curgere rezultă la valoarea de:

$$V = \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1} \cong 4.4 \text{ m/sec}. \quad (6.11)$$

Numărul Reynolds, pentru un diametrul al conductei principale  $D = 20$  mm, va fi:

$$Re = \frac{0.02 \cdot 4.4}{1.17 \cdot 10^{-6}} = 75213. \quad (6.12)$$



Funcție de numărul  $Re$  curgerea poate avea caracter:

- ❑ laminar ( $Re < 2000$ )
- ❑ turbionar ( $2000 < Re < 3000$ )
- ❑ regim de tranziție, caracterizat prin curgere instabilă ( $Re > 3000$ ).

Valoarea obținută prin calculul din relația (6.12) indică un regim de curgere tranzitoriu, ceea ce înseamnă că în sistem poate apărea fenomenul loviturii de berbec, iar pentru limitarea acestuia se va asuma soluția menținerii diametrelor conductelor la aceeași valoare, astfel încât valoarea debitelor pe tronsoanele de conductă vor fi aproximativ constante.

#### 6.1.4. Calculul pompei necesare instalației de stingere

Rolul pompei (fig. 6.5) este de a scoate lichidul din rezervor și de a-l refula în conductele sistemului hidraulic de stropire. Pentru a alege pompa este necesară cunoașterea debitului și înălțimea de refulare.



Fig. 6.5 Pompa cu autoamorsare

Valoarea înălțimii de refulare  $H$ , s-a calculat prin însumarea tuturor lungimilor de conductă, a instalației de stropire, pe care fluxul de lichid îl parcurge în vederea pulverizării cu lichid în compartimentul de încărcare, rezultând o valoare de 16 m.

Puterea utilă a pompei  $P_u$ , este puterea transmisă de pompă lichidului refulat și este dată de relația [F2]:

$$P_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = \rho \cdot Q \cdot Y = q \cdot Y \quad (6.13)$$

unde  $q$  este debitul masic,  $Y$ -energia masică a pompei ( $J/Kg, m^2/s^2$ ),  $g$  - accelerația gravitațională,  $\rho$  - densitatea lichidului refulat,  $H$  - înălțimea de refulare,  $Q=q_{i \text{ nec}}$  - debitul necesar.

Prin înlocuire rezultă o putere utilă  $P_u = 320 \text{ W}$ .

Alegând un motor de antrenare cu puterea de 500 W, va rezulta un randament al motopompei de 0.64.

### 6.1.5. Determinarea domeniului optim de oscilație a conductei principale

Stabilirea unghiului de oscilație a conductei principale are o importanță majoră în funcționarea eficientă a sistemului, în acțiunea de neutralizare/ stingere a unui incendiu/incident în interiorul compartimentului de încărcare.

Valoarea acestui unghi trebuie să acopere în totalitate aria de dispunere a încărcăturii pentru a se putea obține o funcționare eficientă a sistemului.

În figura 6.6 este schițat compartimentul de încărcare al autovehiculului și raza de acțiune a lichidului pulverizat de duzele de stropire.

Schița 6.7 permite calculul unghiului de oscilație  $\alpha$ , în condițiile încărcare maximă a containerului, la un volum de  $66.7 \text{ m}^3$ .

Elementele geometrice cunoscute permit calculul unghiului  $\alpha$  cu relația:

$$\alpha = \arctg \frac{2.45}{0.33} = 81.06 \text{ [deg]} . \quad (6.14)$$

Pentru siguranță se alege o valoare superioară celei obținute din calcul,  $\alpha=83^\circ$ . Această valoare este calculată pentru limita maximă de încărcare.

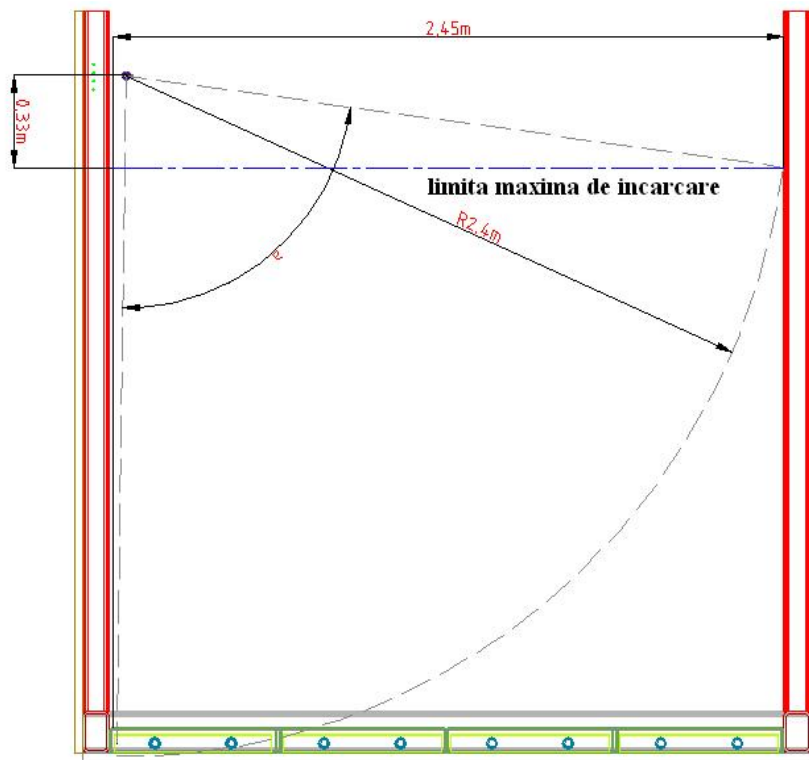


Fig. 6.6 Intervalul unghiular necesar de oscilație a conductei principale

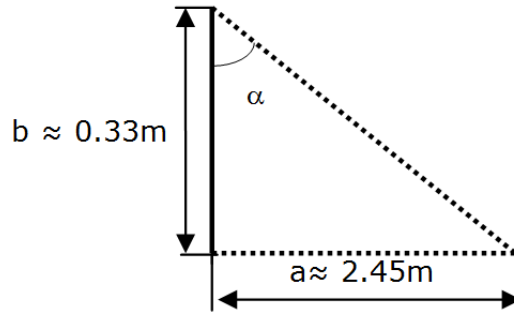
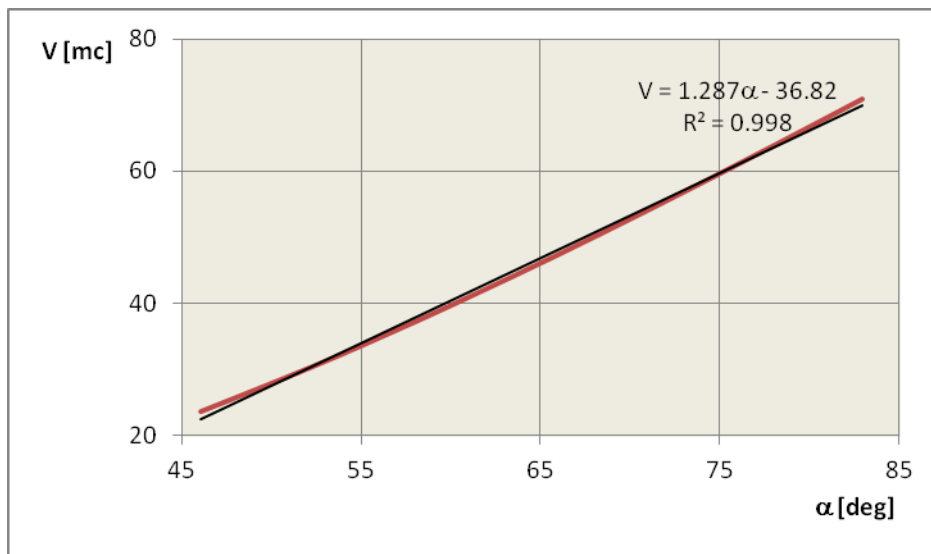


Fig. 6.7 Elemente de geometrie necesare calculului unghiului de oscilație maxim

Variația gradului de încărcare, exprimat prin volumul încărcăturii, în funcție de unghiul  $\alpha$  este redată în figura 6.8.

Fig. 6.8 Variația gradului de încărcare în funcție de unghiul  $\alpha$ 

Tot în figura 6.8 s-a trasat curba de aproximare a variației volumului în funcție de unghiul de oscilație necesar. Se observă faptul că variația este liniară, cu un factor de corelație de 0.999. Dacă se calculează panta dreptei, se poate deduce o rație a variației unghiulare raportată la volum de aproximativ  $2^0/m^3$ .

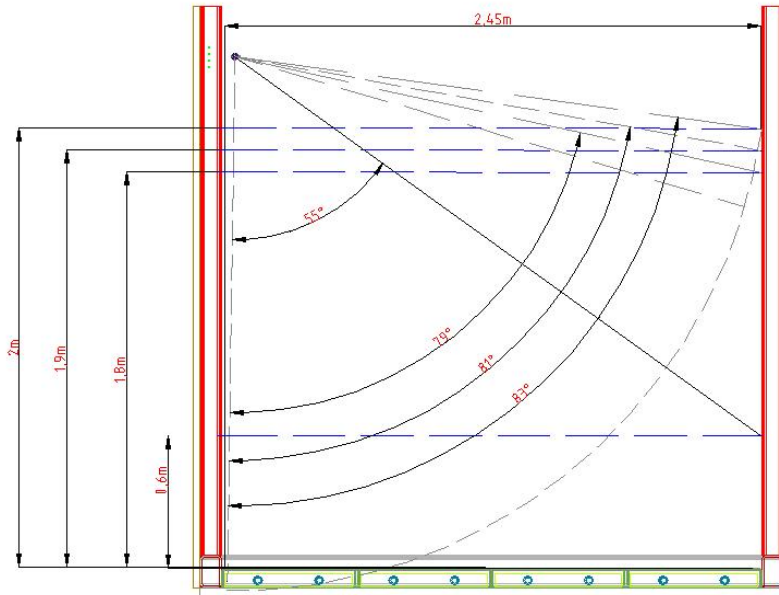


Fig. 6.9 Variația unghiului de oscilație funcție de înălțimea ocupată de încărcătură în container

Valoarea minimă a încărcăturii luate în calcul este de  $19.84 \text{ m}^3$  și corespunde cazului în care pentru ambalare se utilizează cele mai mici butelii (recipiente) care permit transportul de  $\text{NH}_3$  (300 x 500mm).

Dependența liniară între volumul transportului și unghiul de oscilație, permite o reglare foarte ușoară a acestuia.

Ilustrativ, în figura 6.9, este redată și variația unghiului de oscilație funcție de înălțimea ocupată de încărcătură în container.

Limitarea unghiului de oscilație a conductei principale are importanță deosebită în aplicațiile practice, întrucât permite raționalizarea consumului de lichid prin direcționarea jetului de lichid numai spre încărcătură.

## 6.2. Logistica asociată transportului de mărfuri periculoase

Depozitarea mărfurilor periculoase, respectiv stocarea acestora, este strâns legată de procesele de transport. Activitățile de extracție și prelucrare a materiilor prime, respectiv a semifabricatelor se desfășoară, de regulă, în localități diferite, situate la anumite distanțe unele de altele și există, de regulă, un anumit interval de timp între terminarea unui proces de producție și începutul altuia. O parte din acest timp este afectată transportului, iar cealaltă este consumată cu operațiuni pregătitoare, care includ expedierea, întocmirea documentelor de transport, procesele de încărcare-descărcare, depozitarea etc. Trebuie luat în considerare volumul de mărfuri periculoase care pleacă în diverse direcții și este necesară realizarea unui echilibru între costurile totale și beneficiile aduse de amplasarea unui depozit într-un anumit loc. Un tip de depozit amplasat optim în raport cu aceste criterii devine un centru de distribuție. Acesta este strategic localizat pentru accesul transporturilor, de obicei lângă autostrăzi, calea ferată și aeroporturi. Infrastructura necesară amplasării unui depozit de mărfuri periculoase trebuie să îndeplinească

cerințele evidențiate în figura 6.10, care subliniază condițiile generale aplicabile construcțiilor civile și industriale, la care se adaugă cele specifice transportului.

Problematica zonei de amplasare a unui depozit de mărfuri periculoase trebuie analizată în strânsă corelație cu următorii factori de influență:

- Particularități geografice
- Gradul de dezvoltare al infrastructurii
- Siguranța mărfurilor periculoase depozitate
- Costurile de depozitare.

Acțiunea conjugată a acestor factori de influență condiționează alegerea amplasamentului optim al viitorului depozit, ținând seama de necesitatea minimizării costurilor de depozitare, alături de asigurarea următoarelor cerințe principale:

- Stabilirea celor mai scurte și rapide căi de vehiculare a mărfurilor
- Localizarea depozitului într-o zonă special amenajată din afara orașului.

Indiferent de natura depozitelor (de materii prime și materiale, semifabricate sau produse finite) acestea îndeplinesc următoarele funcții în cadrul subsistemului logistic:

- funcția de primire, care presupune recepția din punct de vedere cantitativ și calitativ și preluarea propriu-zisă în depozit prin acceptarea mărfurilor și înscrierea acestora în evidența depozitelor
- funcția de condiționare, care constă în sortarea mărfurilor periculoase sau generale
- funcția de păstrare (conservare) în depozit, care se referă la lotizarea mărfurilor funcție de pericole, sortimente, tipodimensiuni și la evidența cantităților aflate în depozit în ordinea intrărilor
- funcția de expediție, care presupune programarea și organizarea de loturi și partizi în corelație cu cerințele subsistemului de fabricație și a sistemului de distribuție precum și evidența cantităților ieșite din depozite.

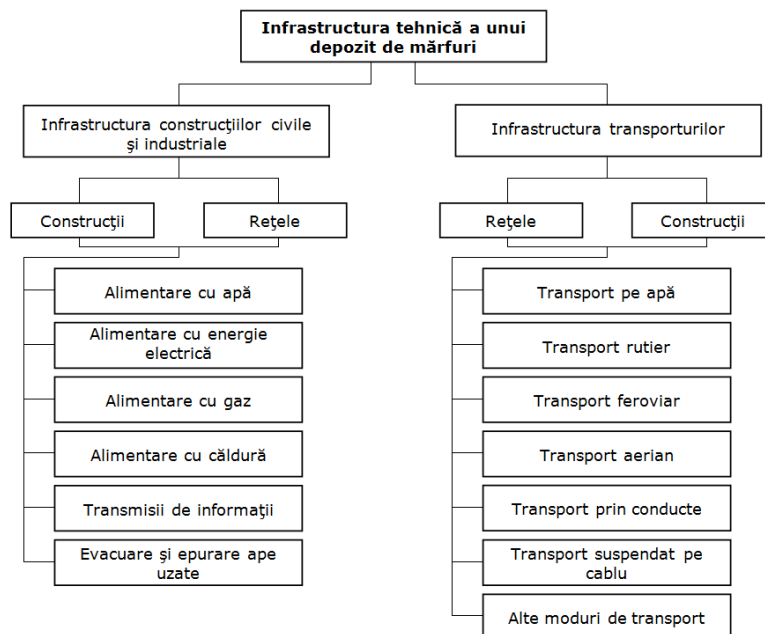


Fig.6.10 Infrastructura tehnică a unui depozit de mărfuri periculoase - cerințe

Cele patru funcții ale subsistemului de depozitare presupun operații de transfer în timp și spațiu, operații specifice sistemelor parțiale de transport-manipulare. Schematic, această situație este pusă în evidență în figura 6.11.

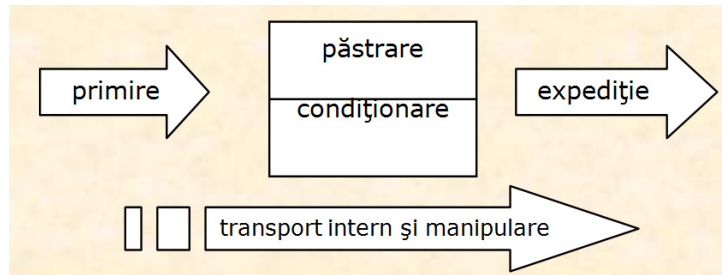


Fig. 6.11 Subsistemul de depozitare

Se constată că, în cadrul subsistemului logistic, sistemul de depozitare leagă celelalte sisteme parțiale, iar îndeplinirea cu succes a funcțiilor acestuia este condiționată de modul de sincronizare a ritmurilor proprii fiecăruia dintre sistemele parțiale ale subsistemului logistic, dar și a subsistemului de fabricație.

Rolul important al depozitelor de mărfuri periculoase rezultă din următoarele considerente:

- ❑ Siguranța mărfurilor periculoase este un factor primordial, necesar pentru un depozit de mărfuri periculoase
- ❑ Întreprinderile dotate cu depozite au o mai mare capacitate de disponibilitate a produselor la locul și timpul solicitate de către client
- ❑ Spațiul de depozitare trebuie să corespundă din punct de vedere structural pentru satisfacerea nevoilor de mișcare (primirea mărfurilor-descărcare, depozitare/păstrare, manipularea mărfurilor și expediție)
- ❑ Depozitarea se realizează funcție de timpul de staționare a mărfurilor în depozit (termen scurt sau lung)
- ❑ Mărfurile care intră și ies din depozit trebuie să fie controlate și să fie ținută o evidență riguroasă a acestora.

În figura 6.12 este redat interiorul unui depozit de mărfuri periculoase, la care se poate observa o bună organizare din toate punctele de vedere (plasare în rafturi, ambalare, marcare, mijloace de manipulare etc.).



Fig.6.12 Interior model al unui depozit mărfuri periculoase

Depozitele se pot clasifica după mai multe criterii, dintre care, în tabelul 6.6 sunt dezvoltate criteriile tip al mărfurilor depozitate și condițiile de depozitare asigurate, rolul depozitului și forma de proprietate.

Tabelul 6.6 Clasificarea depozitelor de mărfuri periculoase

Criteriu	Clase
tipul mărfurilor depozitate și condițiile de depozitare asigurate	<i>depozite de mărfuri periculoase generale</i> , capabile să păstreze o gamă largă de mărfuri periculoase în condiții de siguranță
	<i>depozite specializate</i> , pregătite să stocheze un anumit produs sau o grupă de produse și care oferă condiții adecvate caracteristicilor specifice ale mărfurilor periculoase. Din punct de vedere al necesității de stabilizare a mărfurilor periculoase (prin stabilizare se înțelege crearea și asigurarea unor condiții optime de temperatură și/sau presiune constante pentru menținerea proprietăților fizico-chimice ale substanțelor) depozitele sunt specializate. Pentru substanțele solide inflamabile, autoreactive, explozive solide desensibilizate (de exemplu pudra de aluminiu, naftalina) și peroxizi organici (de exemplu peroxid organic de tip B solid) sunt necesare temperaturi controlate
rolul îndeplinit	<i>depozite de păstrare pe termen lung</i> (de stocare), specifice viziunii tradiționale asupra rolului depozitelor. Produsele sunt menținute în stoc pentru a asigura, în special, coordonarea cererii cu oferta și obținerea de economii
	<i>centre (depozite) de distribuție</i> , care pun accentul pe circulația rapidă a bunurilor. Rolul centrului de distribuție constă în accelerarea mișcării mărfurilor periculoase și reducerea la minim a duratei de depozitare. Păstrarea are doar caracter temporar.
forma de proprietate	<i>depozite private</i> , aflate în proprietatea și managementul aceleiași firme care deține proprietatea asupra bunurilor păstrate și manipulate în depozit
	<i>depozite publice</i> , care aparțin unei firme specializate în operațiuni de depozitare sau logistice, care oferă servicii clienților interesați, în schimbul unei taxe
	<i>depozite contractuale</i> , bazate pe un contract pe termen lung care asigură destinația în exclusivitate unui anumit client

Depozitele mai pot fi clasificate și după alte criterii, cum ar fi tipul constructiv, gradul de automatizare și mecanizare, amenajarea interioară etc. În afară de spațiile de depozitare fixe, firmele pot considera și depozitele mobile, respectiv, stocarea în tranzit.

Lanțul logistic cuprinde ansamblul proceselor unei întreprinderi de-a lungul întregului proces de fabricație. *Supply Chain Management*-ul reunește toate procesele derulate într-un singur lanț omogen de la furnizor, producător, comerciant și până la client iar depozitarea este activ implicată în lanțul de aprovizionare-livrare. De asemenea, este important de înțeles că fiecare companie nu are numai un lanț de aprovizionare-livrare ci mai multe, fiindcă interacționează cu diferiți distribuitori și are diferiți clienți.

Modalitățile de depozitare a mărfurilor periculoase (fig. 6.13) sunt foarte numeroase, cu particularități de la un produs la altul.



Fig.6.13 Modalități de depozitare a mărfurilor periculoase

Dintre diversele posibilități cele mai uzuale sunt:

- Depozitarea pe rafturi
- Depozitarea prin stivuire directă a unităților de încărcătură aflate pe palet (întalnită la păstrarea unor produse livrate în saci)
- Depozitarea pe palete simple, în rastele metalice
- Depozitarea pe palete simple în stelaje.

*Paletizarea* reprezintă tehnica de grupare a mai multor mărfuri, pe un suport numit paletă. Paletizarea este un procedeu de manipulare și depozitare care permite deplasarea și stivuirea ușoară, cu ajutorul unor utilaje adecvate, a mărfurilor grupate în unități de încărcătură.

Paletizarea trebuie concepută ca un proces unitar, de la producător (furnizor) la consumator (unitate de desfacere), indiferent dacă mărfurile trec sau nu printr-un depozit intermediar. În practică, procesul de paletizare cuprinde faze de desfășurare în interiorul întreprinderilor de producție sau a depozitelor și activități între acestea sau între acestea și unitățile de desfacere (consumatori).

*Europaletji* sunt singura modalitate de transport agreată de Uniunea Europeană, iar avantajele paletizării sunt multiple și în condițiile generalizării sistemului.

Prin paletizare se obține:

- Creșterea vitezei de circulație a mărfurilor, materiale semifabricate și produse finite
- Elasticitatea funcției de depozitare printr-o mai bună folosire a spațiilor, în special pe verticală
- Păstrarea calității și integrității mărfurilor în întregul proces de manipulare, depozitare și transport prin reducerea numărului de manipulări, eliminarea manipulărilor care pot produce degradarea (azvârlire, trântire, frecare etc.).
- Pachetizarea, paletizarea, containerizarea și manipularea mărfurilor periculoase reprezintă operații ale unui sistem tehnologic modern de grupare, ambalare, depozitare și manevrare, în vederea aprovizionării, transportului și distribuirii acestora.

*Pachetizarea* reprezintă tehnica de grupare, prin legare și consolidare, a mai multor mărfuri periculoase la un loc, într-o singură încărcătură, de dimensiuni sporite în ceea ce privește greutatea și gabaritul.

*Containerizarea* reprezintă tehnica de grupare a mai multor mărfuri periculoase într-un mijloc numit container.

Obiectivul paletizării, containerizării și manipulării mecanizate îl constituie creșterea operativității și eficienței în manipularea mărfurilor periculoase, eliminarea deteriorărilor și pierderilor pe timpul transportului și depozitării, precum și reducerea spațiilor de depozitare a acestora.

Mărfurile periculoase paletizate, în funcție de necesitate și posibilități, se încarcă în containere și/sau portcontainere (fig. 6.14). În acest caz, manipularea se poate efectua integral sau parțial mecanizat.





Fig.6.14 Container și suprastructură port-container

Tehnologia depozitării mărfurilor se stabilește prin studiul prealabil de organizare în cazul unui obiectiv nou de investiții sau pentru îmbunătățirea unor situații existente. Alegerea soluțiilor de depozitare a mărfurilor necesită o analiză a factorilor tehnici și economici.

Principalele variante de circulație a mărfurilor paletizate, în funcție de amplasarea zonelor de primire, depozitare, colectare și expediție, sunt:

- ❑ în linie dreaptă, când zonele de primire și expediție sunt amplasate pe două laturi opuse ale depozitului
- ❑ în L, când zonele de primire și expediție sunt amplasate pe două laturi alăturate
- ❑ în U, când zonele de primire și expediție sunt amplasate pe aceeași latură.

Alegerea modului de circulație în depozit se face analizând mai multe variante pe baza studiului de organizare.

#### *Calculul capacității și suprafețelor utile ale depozitelor paletizate*

În activitatea de proiectare a depozitelor paletizate sau pentru verificarea capacității existente se folosește metoda analitică de calcul a capacității acestora.

Capacitatea depozitelor se determină în funcție de volumul de palete sosite și expediate zilnic, durata de păstrare a acestora, caracteristicile constructive ale utilajelor de manipulare a paletelor și modul de depozitare (în stive, rafturi sau mixt).

Stiva este un caz special de listă liniară în care intrările și ieșirile se fac la un singur capăt al ei (exemple obiecte în stivă: lăzi, saci etc). Structura de stivă presupune, conform definiției, o anumită regulă, și anume, că întotdeauna se adaugă un obiect deasupra ultimului depus și se extrage întotdeauna ultimul obiect adăugat.

#### *Calculul capacității și suprafețelor utile ale depozitelor cu stive*

Calculul capacității de depozitare a unui depozit central de primiri și expedieri, organizat în sistemul cu stive, se face cu relația:

$$Q_{dc} = K_n \cdot (K_1 \cdot N_{pe} \cdot T_e + K_2 \cdot N_{ps} \cdot T_s) \text{ [palete]}, \quad (6.15)$$

în care  $Q_{dc}$  este capacitatea de depozitare a depozitului central, în palete;  $K_n$  - coeficient de neuniformitate a traficului de mărfuri pe palete;  $K_1$  - coeficient de reducere a spațiilor de depozitare necesare, care ține seama de faptul că un număr de palete trece direct din secția de producție, respectiv depozitul de secție, în procesul de transport fără depozitare;  $N_{pe}$  - numărul mediu de palete expediate

zilnic, [palete/zi];  $T_e$  - durata de păstrare (depozitare) a paletelor ce urmează a fi expediate, exprimată în zile (în concordanță cu normele de stocare la expediere);  $K_2$  - coeficient de reducere a spațiilor de depozitare necesare, care ține seama de faptul că un număr de palete trece direct din procesul de transport în depozitul de secție, fără a afecta depozitul central;  $N_{ps}$  - numărul mediu de palete sosite zilnic, [palete/zi];  $T_s$  - durata de depozitare a paletelor la sosire (în concordanță cu normele de stocare a mărfurilor la sosire), în zile.

Suprafața utilă a unui depozit central  $S_{dc}$  (suprafața ocupată de stive și culoare de acces), în funcție de capacitatea de depozitare, se calculează cu relația:

$$S_{dc} = S_p + S_c = \frac{Q_{dc}}{n_n} \cdot s_p (1 + K_c) \quad [m^2], \quad (6.16)$$

unde  $S_p$  este suprafața ocupată efectiv de stive,  $[m^2]$ ;  $S_c$  - suprafața necesară pentru culoarele de trecere a mijloacelor de manipulare,  $[m^2]$ ;  $n_n$  - numărul maxim de niveluri pe care se face stivuirea;  $s_p$  - suprafața ocupată de o paletă, care poate fi egală cu suprafața paletelor, în cazul în care încărcătura nu depășește gabaritul paletelor, sau egală cu suprafața determinată de încărcătură, în cazul în care aceasta depășește gabaritul în plan al paletelor;  $K_c$  - coeficientul care ține seama de spațiul necesar pentru culoarul de acces al mijlocului de manipulare, exprimat ca raport dintre suprafața culoarului și suprafața ocupată de stivă.

Capacitatea depozitului de secție,  $Q_{ds}$ , se determină în funcție de consumul zilnic de mărfuri paletizate, respectiv, producția zilnică de mărfuri paletizate și modul de organizare a evidenței producției (pe schimburi de lucru sau total), cu relația:

$$Q_{ds} = K_n \cdot (N_{ps} \cdot n_{zs} + K_p \cdot K_o \cdot N_{pe} \cdot n_{ze}) \quad [palete], \quad (6.17)$$

în care  $K_n$  este un coeficient de neuniformitate zilnică a traficului;  $N_{ps}$  - consumul zilnic de materii prime sau semifabricate paletizate, [palete/zi];  $n_{zs}$  - durata de stocare a paletelor sosite în depozitul de secție, [zile];  $K_p$  - coeficient de neuniformitate datorat procesului de producție propriu-zis;  $K_o$  - coeficient care ține seama de modul de organizare a evidenței producției (se face sau nu o compartimentare pe schimburi);  $N_{pe}$  - producția medie zilnică de mărfuri paletizate, [palete/zi];  $n_{ze}$  - durata de stocare a paletelor la expediere, [zile].

Suprafața depozitului de secție se calculează în mod asemănător cu aceea a depozitului central:

$$S_{ds} = \frac{Q_{ds}}{n_{ns}} \cdot s_p (1 + K_c) \quad [m^2], \quad (6.18)$$

unde  $S_{ds}$  reprezintă suprafața utilă a depozitului de secție,  $[m^2]$ ;  $Q_{ds}$  - capacitatea depozitului de secție, [palete];  $s_p$  - suprafața ocupată de o paletă,  $[m^2]$ ;  $n_{ns}$  - numărul de niveluri pe care se face stivuirea în depozitul de secție;  $l$  - lățimea paletelor,  $[m]$ ;  $K_c$  - coeficient care ține seama de spațiile necesare culoarelor de acces ale mijloacelor de manipulare.

Capacitatea de depozitare a depozitului de palete goale,  $Q_{dg}$ , se determină în funcție de consumul zilnic de palete (atât cele sosite cu materii prime, cât și cele necesare pentru încărcarea cu produse finite) și de capacitatea mijlocului de transport, cu relația:

$$Q_{dg} = K_n \cdot (N_{ps} \cdot n_{zac} + K_p \cdot N_{pe}) \quad [palete], \quad (6.19)$$

în care  $K_n$  este coeficientul de neuniformitate zilnică a traficului de mărfuri;  $n_{zac}$  - durata de acumulare a numărului de palete necesare pentru încărcarea unui mijloc de transport, [zile].

Suprafața utilă a depozitului de palete goale se determină în funcție de volumul de gabarit al paletelor goale, de înălțimea de stivuire și caracteristicile mijlocului de manipulare principal din depozitul de palete goale cu relația:

$$S_{dg} = \frac{Q_{dg}}{n_{ng}} \cdot s_p (l + K_{cg}) \quad [m^2], \quad (6.20)$$

în care  $S_{dg}$  este suprafața utilă necesară a depozitului de palete goale,  $[m^2]$ ;  $Q_{dg}$  - capacitatea depozitului de palete goale, [palete];  $n_{ng}$  - numărul de niveluri de stivuire a paletelor goale;  $s_p$  - suprafața unei palete,  $[m^2]$ ;  $l$  - lățimea paletelor,  $[m]$ ;  $K_{cg}$  - coeficient care ține seama de spațiile pentru circulația mijlocului de manipulare a paletelor goale.

#### *Calculul capacității și suprafețelor utile ale depozitelor cu stelaje*

Depozitele cu rafturi pot fi organizate în mai multe moduri în funcție de înălțimea totală a rafturilor, modul de așezare a paletelor în stelaje și mijlocul principal de manipulare.

Capacitatea depozitului cu stelaje se determină în mod asemănător cu capacitatea depozitului cu stive.

Suprafața utilă necesară a depozitului de stelaje,  $S_{ds}$ , se calculează cu relația:

$$S_{ds} = \frac{Q_{dr}}{n_n} \cdot s_p (l + K_{tc}) \quad [m^2], \quad (6.21)$$

în care  $n_n$  este numărul de celule pe verticală (numărul de niveluri de stivuire);  $Q_{dr}$  - capacitatea depozitului cu rafturi;  $s_p$  - suprafața unei celule,  $[m^2]$ ;  $l$  - lățimea paletelor,  $[m]$ ;  $K_{tc}$  - coeficient care ține seama de spațiile necesare culoarelor de acces ale transloatoarelor.

#### *Calculul suprafețelor necesare atelierelor, platformelor de depozitare și de parcare*

Suprafața utilă a tuturor atelierelor de întreținere și reparare,  $S_{uir}$ , a mijloacelor tehnice, se determină, în funcție de numărul de utilaje și normele de suprafață acordate pentru fiecare utilaj în parte, cu relația:

$$S_{uir} = \sum_{j=1}^n (N_{mij} \cdot s_{nij} + N_{mrj} \cdot s_{nrj}) + \Delta S \quad [m^2], \quad (6.22)$$

în care  $N_{mij}$  este numărul de mijloace tehnice;  $N_{mrj}$  - numărul de mijloace în reparație;  $s_{nij}$  - norma de suprafață pentru mijlocul tehnic;  $s_{nrj}$  - norma de suprafață pentru utilajul de reparație, sau întreținere  $[m^2/\text{utilaj}]$ ;  $\Delta S$  - suprafața suplimentară necesară depozitării pieselor și deșeurilor, culoarelor de acces etc.,  $[m^2]$ .

Relația generală de calcul a suprafețelor platformelor de depozitare a mijloacelor tehnice de paletizare are la bază formula:

$$S_{pdp} = \sum_{j=1}^n \left[ N_{ij} \left( 1 - \frac{1}{K_{tj}} \right) \cdot s_j \right] + \Delta S_{ce} \quad [m^2], \quad (6.23)$$

unde  $S_{pdp}$  reprezintă suprafața platformelor de depozitare și parcare a mijloacelor tehnice de paletizare,  $[m^2]$ ;  $N_{ij}$  - parcul inventar de mijloace tehnice din categoria  $j$ ;  $K_{tj}$  - coeficient de stare tehnică a parcului de mijloace de paletizare din categoria  $j$ ;  $s_j$  - suprafața necesară depozitării unui mijloc de paletizare din categoria

$j$ , [m<sup>2</sup>] (pentru paletelile sau boxpaletelile care se pot stivui, la calculul suprafeței de depozitare se va ține seama de numărul nivelurilor pe care se poate face stivuirea);  $\Delta S_{ce}$  - suprafața necesară căilor de circulație, [m<sup>2</sup>].

*Calculul necesarului de mijloace de manipulare și transport intern*

Volumul zilnic de manipulare,  $Q_m$  se determină în funcție de volumul anual de trafic și de modul de organizare a lucrului și a activității în cadrul întreprinderii furnizoare, respectiv primitoare:

$$Q_m = \frac{K_n \cdot Q_{an}}{N_{zi} \cdot q_p} \cdot n_m, \left[ \frac{\text{palete}}{\text{zi}} \right], \quad (6.24)$$

unde  $Q_m$  este numărul de palete ce trebuie manipulat pe zi, [palete/zi];  $K_n$  - coeficientul de neuniformitate a traficului;  $Q_{an}$  - volumul anual de trafic, [daN/an];  $N_{zi}$  - numărul de zile lucrătoare pe an, [zile/an];  $q_p$  - capacitatea de încărcare a paletei, începând cu descărcarea din mijlocul de transport, recepția cantitativă și calitativă, depozitarea, transportul intern, manipulările în secțiunile productive și până la încărcarea în mijlocul de transport;  $n_m$  - numărul mediu de manipulări.

Volumul de transport intern,  $Q_{ti}$ , este exprimat în palete × km pe zi și se calculează cu relația:

$$Q_{ti} = \frac{K_n \cdot Q_{an}}{N_{zi} \cdot q_p} \cdot \sum_{i=1}^n d_{ti} \left[ \frac{\text{palete}}{\text{zi}} \right], \quad (6.25)$$

în care:  $Q_{ti}$  - reprezintă volumul zilnic de transport intern, în palete, km/zi;  $d_{ti}$  - suma distanțelor de transport parcurse de o paletă în cadrul ciclului intern în întreprindere, în km.

*Calculul necesarului de mijloace de transport combinat*

În cazul transporturilor combinate cu mijloace specializate - transcontainere - necesarul de astfel de mijloace se determină în funcție de felul și volumul de mărfuri, relația de transport, caracteristicile constructive ale acestora și felul mijloacelor de transport utilizate, cu următoarea relație:

$$N_{tci} = \frac{N_{tca}}{K_t}, [buc], \quad (6.26)$$

în care  $N_{tci}$  constituie parcul inventar necesar de transcontainere;  $K_t$  - coeficientul de stare tehnică a parcului de transcontainere;  $N_{tca}$  - parcul activ de transcontainere.

Parcul activ de transcontainere,  $N_{tca}$ , necesare pentru prelucrarea unui volum de mărfuri paletizate se determină cu relația:

$$N_{tca} = \frac{K_n \cdot Q_{an}}{n_z \cdot q_p \cdot n_{pte}} [buc], \quad (6.27)$$

în care  $Q_{an}$  este volumul anual de transport, [daN];  $K_n$  - coeficient de neuniformitate zilnică a traficului, exprimat ca raport între volumul maxim și volumul mediu zilnic;  $n_z$  - numărul zilelor lucrătoare pe an pentru transportul în transcontainere;  $q_p$  - capacitatea de încărcare a unei palete, [daN];  $n_{pte}$  - numărul de palete ce pot fi încărcate într-un transcontainer;  $R_{tc}$  - ciclul de reutilizare al transcontainerului, [zile].

### 6.3 Concluzii și contribuții personale

Capitolul al șaselea al tezei de doctorat prezintă în prima sa parte o aplicație numerică privind implementarea sistemului automatizat pentru stingerea incendiilor, pentru cazul particular al amoniacului, ca substanță periculoasă monitorizată.

În paragraful dedicat calculului parametrilor mecanici și hidraulici ai sistemului, este explicitată procedura de determinare a debitului de lichid necesar stingerii unui focar de incendiu, pe baza unui algoritm propriu aplicațiilor desfășurate de pompieri.

Odată determinat debitul de lichid de neutralizare, se prezintă calculul numărului de duze de pulverizare, printr-o procedură iterativă, care are drept criteriu de optimizare condiția ca, la încărcarea minimă a containerului ales, conurile de dispersare a lichidului să se intersecteze, astfel încât să fie acoperit întreg volumul compartimentului de încărcare.

Este calculată cantitatea totală de lichid de neutralizare necesar, pe baza timpului minim de acțiune, prevăzut de normativele pompierilor pentru cazul analizat. Cunoscând această cantitate totală se poate dimensiona rezervorul cu substanță chimic activă, în funcție de posibilitățile de amplasare pe fața exterioară a containerului. Sunt determinați și parametrii de curgere ai lichidului, ca procedură de verificare a instalației hidraulice. Pentru asigurarea debitului aferent fiecărei duze și, respectiv, lungimii totale a conductei principale, este desfășurat calculul de alegere a pompei, respectiv de alegere a motorului de acționare a acesteia.

Pentru acoperirea cu lichid de neutralizare a volumului compartimentului și utilizarea rațională a conținutului rezervorului, s-a efectuat un calcul de optimizare a unghiului de oscilație al conductei principale, funcție de gradul de încărcare al compartimentului. A rezultat un domeniu de oscilație de  $[40^\circ \dots 83^\circ]$ , acoperitor pentru încărcarea minimă, respectiv maximă, cu o rată de variație a unghiului de oscilație de aproximativ  $2^\circ/\text{m}^3$ . Relația liniară între unghi și volum al încărcăturii permite o reglare ușoară a unghiului de către operator, la fiecare cursă.

Aplicația de calcul, pentru care s-au ales date concrete privind substanța periculoasă, unitatea de transport și agentul de neutralizare are un caracter demonstrativ privind viabilitatea soluțiilor constructive propuse. Se poate deduce faptul că, pentru fiecare situație concretă se poate relua acest calcul cu alți parametri, și, din punct de vedere practic, un anumit autovehicul, de exemplu, poate fi dotat permanent cu un sistem destinat siguranței transportului substanțelor dintr-o anumită clasă.

În partea a doua a capitolului sunt prezentate câteva elemente de logistică asociată transportului de mărfuri periculoase.

Sunt dezvoltate caracteristici ale depozitelor, cu referire directă și detaliată la cerințele și optimizarea locației acestora, clasificare după diverse criterii și diversele posibilități de stocare a mărfurilor.

Elementele de calcul vizează capacitatea și suprafața utilă a depozitelor cu stive și stelaje, precum și necesarul de mijloace de manipulare și transport intern și combinat.

Printre contribuțiile originale din acest capitol se pot menționa:

- dezvoltarea unei aplicații numerice de calcul ai parametrilor mecanici și hidraulici ai sistemului de stingere a incendiilor pentru cazul particular al amoniacului, ca substanță periculoasă și o semiremorcă frigorifică Schmitz cu capacitatea maximă de încărcare de  $67\text{m}^3$  (sau sarcina maximă autorizată de 33.55 tone), ca mijloc de transport

- ❑ optimizarea numărului de duze de pe conducta principală având drept criteriu condiția ca, la încărcarea minimă a containerului ales, conurile de dispersare a lichidului să se intersecteze, astfel încât să fie acoperit întreg volumul compartimentului de încărcare
- ❑ determinarea legii de variație a unghiului de oscilație al conductei principale funcție de gradul de încărcare al compartimentului
- ❑ determinarea algoritmilor de calcul ai caracteristicilor depozitelor de mărfuri periculoase, cu detalierea pe metode de paletizare (cu stive sau stelaje).

## 7. Concluzii finale și contribuții personale

Teza cu titlul *Contribuții privind creșterea siguranței transportului rutier de mărfuri periculoase* pornește de la observația că transportul, care este o componentă importantă a economiei, are performanțe scăzute la noi în țară. Lucrarea abordează un segment particular al activității de transport, și anume cazul problemelor specifice transportului de mărfuri periculoase, pentru care sunt identificate carențele, precum și posibilitățile de corectare a acestora.

Din analiza stadiului actual privind managementul riscului asociat substanțelor periculoase, precum a transportului dedicat acestui tip de mărfuri la nivel mondial și la noi în țară rezultă că:

- ❑ substanțele periculoase reprezintă o categorie specială de mărfuri, al căror transport și activități conexe (depozitare, manipulare la încărcare sau descărcare) necesită măsuri de siguranță suplimentare în raport cu alte tipuri de mărfuri
- ❑ la nivel mondial există o clasificare a substanțelor periculoase, clasificare acceptată pe plan internațional
- ❑ semnele de avertizare și semnalizare a mărfurilor și vehiculelor care le transportă, sunt, de asemenea, agreate la nivel mondial, reprezentând o condiție sine qua non a desfășurării transportului transfrontalier
- ❑ țările europene au inițiat Acordul European privind transportul rutier internațional de mărfuri periculoase (ADR) încă din 1957. ADR a suferit modificări și adăugiri succesive, pe măsură ce s-au acumulat cunoștințe noi în domeniul chimiei, s-au dezvoltat tehnologiile de implementare a unor măsuri de siguranță mai ridicate, s-au modificat normativele privind protecția mediului etc.
- ❑ România a adoptat o serie largă de documente legislative cu privire la transportul mărfurilor periculoase, în special ca expresie a integrării în Uniunea Europeană, ceea ce a impus armonizarea legislativă cu prioritate într-un domeniu de activitate care este legat de producție, comerț și distribuție de mărfuri intercomunitare
- ❑ normativele de aplicare a legilor au fost, deocamdată, doar parțial elaborate. În plus, implementarea procedurilor care decurg din aceste normative este încă în faza de derulare. Cu precădere, au fost puse în aplicare cerințele formale, care vizează utilizarea unui anumit tip de vehicul și semnalizarea sa conform normelor internaționale. Măsurile efective de securitate ar trebui concepute și agregate în proceduri standard începând de la nivelul companiilor producătoare, al operatorilor de transport și al companiilor beneficiare, până la nivelul agențiilor de stat, aflate în subordinea guvernului
- ❑ legislația internațională se referă strict la pericolozitatea substanțelor prin grad de toxicitate, susceptibilitate la explozie, potențialul distructiv ecologic etc., dar nu oferă metode de evaluare a riscului pentru întreg procesul de transport și activitățile conexe
- ❑ de asemenea, nu există recomandări privind managementul activității de transport în cazul substanțelor periculoase. Fiecare stat sau companie de transport trebuie să își optimizeze activitatea de transport al mărfurilor periculoase, luând în considerare criteriul specific al riscului, pe lângă criteriile generale privind gradul de încărcare, viteza de transport, cost etc.

- ❑ din punct de vedere al politicii transporturilor, România trebuie să continue procesul de compatibilizare al legislației interne cu acquis-ul comunitar care cuprinde legile și acordurile internaționale la care România este parte și trebuie să participe activ la elaborarea de legi prin formarea și trimiterea de specialiști la Comisia Economică pentru Europa (ECE) de pe lângă Organizația Națiunilor Unite
- ❑ în prezent, în România, legislația în domeniul mărfurilor periculoase nu corespunde în totalitate cerințelor din Uniunea Europeană. Cauzele sunt multiple, pornind de la simpla ignoranță până la lipsa de voință politică. De asemenea, lipsa de specialiști în acest domeniu relativ nou are un impact puternic negativ
- ❑ în România absența unui sistem de management optimizat al transportului de mărfuri periculoase reprezintă o verigă slabă situată între puternica legislație privind mărfurile periculoase în sine și procedurile bine organizate pentru intervenția în cazul unor incidente. Acestea din urmă presupun conlucrarea specialiștilor din cadrul Inspectoratului pentru Situații de Urgență, care implică, după caz, forțe provenite din unitățile de pompieri, SMURD, Inspectoratul de Poliție, Jandarmerie etc. Accidentele se pot produce din cauze foarte diverse: arimarea incorectă a mărfurilor, deversările accidentale, alegerea unor containere improprii, accidente rutiere etc.
- ❑ având în vedere faptul că în țara noastră transportul rutier are o pondere covârșitoare, eforturile de optimizare și eficientizare trebuie îndreptate cu întâietate spre acest mod de transport.

Pe baza observațiilor de mai sus, prezenta teză și-a propus următoarele obiective:

- ❑ elaborarea unei metode de evaluare a riscului în transportul rutier al substanțelor periculoase
- ❑ stabilirea unor criterii de optimizare a managementului transportului rutier de mărfuri periculoase
- ❑ determinarea unor algoritmi specifici logisticii asociate transportului de mărfuri periculoase
- ❑ propunerea unor soluții de creștere a siguranței în cazul transportului în containere cub a substanțelor periculoase
- ❑ elaborarea unor recomandări (lege ferenda) privind legislația în domeniul depozitării, transportului, pregătirii profesionale continue a personalului cu atribuții în acest domeniu.

Pe parcursul lucrării se pot evidenția următoarele realizări cu caracter teoretic sau aplicativ:

- ❑ particularizarea conceptului de risc în cazul substanțelor periculoase și al transportului acestora
- ❑ observația că efortul internațional privind riscul asociat contaminării cu diverse substanțe periculoase se oprește la un demers taxonomic, prin care se definesc clase de pericolozitate, care includ specii sau compuși chimici foarte diverși
- ❑ semnalarea faptului că nu există o bază de date agreată internațional, în care să fie înscrise toate substanțele periculoase, cu detalii privind efectele contaminării mediului sau subiecților umani, pe termen scurt, mediu sau lung și pe diferite căi



- ❑ identificarea unor baze de date, rezultate ca efort al cercetării în țări dezvoltate ca SUA sau Japonia, care prin proiecte dezvoltate de echipe interdisciplinare, finanțate de agenții guvernamentale, au pus la dispoziția publicului baze de date on-line, mai mult sau mai puțin cuprinzătoare privind efectele nocive ale substanțelor periculoase, în diferite condiții de contaminare
- ❑ concluzia că detalierea riscului asociat substanțelor periculoase este o sarcină, care, cel puțin în prezent, este rezolvată la nivel național, de către fiecare țară. România nu și-a permis astfel de studii decât în proiecte de mică anvergură, care vizează, în principal, contaminarea unor teritorii restrânse
- ❑ concluzia că, indiferent de gradul de cunoaștere în domeniu, aprecierea riscului este o sarcină limitată la nivel național, dat fiind că nu există proceduri internaționale agreate de comunități mai largi, cum ar fi Uniunea Europeană, care să impună un anumit tip de algoritm
- ❑ elaborarea unei grile originale, cu caracter complex, care are în vedere incidentele din traficul rutier și efectele lor potențiale atât asupra oamenilor, cât și asupra mediului
- ❑ aplicarea grilei pentru evaluarea substanței periculoase *amoniac* și determinarea riscului asociat acesteia, risc care se încadrează în categoria *înalt*
- ❑ identificarea unui calculator general de risc, care este adaptat pentru evaluarea substanțelor periculoase și care pentru cazul concret al amoniacului conduce la același rezultat cu grila propusă. Aplicația demonstrează că se poate utiliza un calculator general al riscului, cu condiția atribuirii corecte a valorilor logice, avantajul constând în viteza de obținere a rezultatului
- ❑ prezentarea unui calculator pentru determinarea costurilor diminuării riscului, diminuare care, în cazul substanțelor periculoase, presupune investiții în sisteme de siguranță suplimentare atașate vehiculelor de transport, în sisteme de încărcare/descărcare, ambalare și arimare cu grad sporit de siguranță, emiterea de legi, normative și regulamente, care să împiedice furtul, utilizarea eronată sau în scopuri teroriste a substanțelor periculoase
- ❑ evaluarea critică a șase legi de modelare matematică a riscului în transportul de mărfuri periculoase, dezvoltate în țările Americii de Nord și Australia, care au ca specific rute foarte lungi, teritorii extinse puțin populate și al căror prim scop este organizarea unui sistem eficient de intervenție în cazul accidentelor rutiere
- ❑ observația că modelele din literatura de specialitate nu pot fi aplicate în țara noastră, care prezintă cu totul alte particularități
- ❑ dezvoltarea unui model matematic original, bazat pe o lege de distribuție de tip exponențial, care din punct de vedere statistic descrie evenimentele rare
- ❑ formularea ipotezelor modelului și explicitarea factorilor implicați în model (lungimea tronsoanelor unei rute și rata accidentelor specifice fiecărui tronson), precum și ilustrarea acestuia printr-o aplicație numerică
- ❑ analiza problemei clasice de transport și a variantelor acesteia, cu concluzia că atât formularea, cât și modelul matematic asociat nu sunt adecvate problemei transportului de mărfuri periculoase

- ❑ propunerea rezolvării problemei transportului de mărfuri periculoase prin formularea unei probleme manageriale de tip decizional complex, analitic și multicriterial
- ❑ particularizarea etapelor de stabilire a unei decizii, conform teoriei managementului, la condițiile concrete ale transportului de mărfuri periculoase
- ❑ selectarea metodei de decizie multicriterială Electre pentru optimizarea managementului transportului în cazul particular analizat
- ❑ dezvoltarea unei aplicații ilustrative pentru aplicarea metodei, cu evidențierea unor criterii specifice aplicate unor alternative rațional alese
- ❑ sumarizarea caracteristicilor constructiv-funcționale minimale impuse prin legislație sistemelor de transport al mărfurilor periculoase
- ❑ concluzia că aceste elemente cu caracter general trebuie suplimentate cu sisteme specifice fiecărui tip de substanță (eventual cu generalizare pe clase), sisteme care nu sunt incluse în modelul standard al autovehiculelor, cu excepția cisternelor dedicate unui anumit tip de transport
- ❑ proiectarea CAD a două soluții constructive, destinate funcționării în buclă automată de monitorizare continuă a parametrului sau parametrilor care definesc pericolul, precum și intervenției imediate și rapide în cazul unui incident, concomitent cu apelarea prin sistemul e-Call a unităților de intervenție specializate
- ❑ prezentarea soluției 1, bazate pe difuzarea volumică a materialului de neutralizare a substanței periculoase sau stingere a focurilor de incendiu prin duze atașate unei conducte principale, fixate pe peretele longitudinal al containerului etanș. Materialul de neutralizare/stingere este stocat într-un rezervor special, inclus într-un sistem hidraulic, prevăzut cu o pompă și conducte secundare de circulație a fluidului. Acoperirea volumică a interiorului containerului este asigurată de un sistem mecanic de oscilație a conductei principale, sistem care conține un motoreductor și limitatori de cursă
- ❑ prezentarea soluției 2, care conține un sistem tip cărucior prevăzut cu două duze largi, de refulare a materialului activ sub formă de jeturi și care traversează pe lungime containerul, cu ajutorul unui sistem de acționare electrică și a unui sistem de rulare, pe care se rostogolesc rola conducătoare și rolele de sprijin
- ❑ descrierea soluției de colectare a materialului de reacție dintre vaporii substanței periculoase și fluidul de neutralizare sau a reziduurilor de ardere combinate cu materialul de stingere, într-un sistem de grătare neutre chimic, umplute cu bureți de absorbție a produselor și situate pe podeaua containerului.
- ❑ propunerea unui set de măsuri organizatorice și procedurale, menite să crească siguranța și eficiența activității operatorilor de transport al mărfurilor periculoase
- ❑ descrierea detaliată a programelor educaționale Safety Training și Special Safety Training, concepute ca expresie a importanței creșterii nivelului de educație al personalului care operează transporturi cu risc ridicat
- ❑ dezvoltarea unei aplicații, care particularizează sistemul automat de siguranță propus pentru transportul amoniacului cu o semiremorcă frigorifică Schmitz. Datele concrete permit desfășurarea unui calcul numeric al unor parametri mecanici și hidraulici. Aplicația are la bază algoritmi de calcul specifici stingerii incendiilor și apelează normative utilizate de pompieri în

stabilirea substanței de neutralizare, timpul de stingere al unui focar de incendiu etc.

- ❑ optimizarea numărului de duze plasate pe conducta principală pe criteriul acoperirii integrale a volumului containerului
- ❑ optimizarea unghiului de oscilație al conductei principale în raport cu gradul de încărcare al vehiculului
- ❑ calcule specifice vizând capacitatea și suprafața utilă a depozitelor cu stive și stelaje, precum și necesarul de mijloace de manipulare și transport intern și combinat.

Teza de doctorat conține contribuții personale, dintre se menționează următoarele:

- ❑ sintetizarea unui material vast și puternic interdisciplinar, care include ingineria mecanică, chimia, managementul transporturilor, legislația internațională, europeană și autohtonă referitoare la transportul substanțelor periculoase
- ❑ particularizarea conceptului de risc în cazul transportului de mărfuri periculoase
- ❑ identificarea unor baze de date internaționale, cu informații privind interacțiunea substanțelor periculoase cu organismul uman, informații utile în condițiile în care țara noastră nu și-a permis proiecte cu scop similar
- ❑ propunerea unei grile originale de evaluare cantitativă a riscului în cazul substanțelor periculoase
- ❑ adaptarea unui calculator universal de risc la condițiile particulare ale transportului de mărfuri periculoase
- ❑ estimarea costurilor reducerii riscului cu ajutorul unui soft dedicat
- ❑ analiza critică a modelelor matematice existente
- ❑ elaborarea unui prim model românesc al riscului în transportul mărfurilor periculoase
- ❑ evaluarea posibilităților problemei clasice de transport și a derivatelor acesteia de a cuprinde particularitățile unei probleme de transport al mărfurilor periculoase
- ❑ încadrarea optimizării transportului de mărfuri periculoase în categoria problemelor de management decizional, cu caracter analitic și multicriterial
- ❑ particularizarea etapelor de stabilire a deciziei pentru cazul concret al transportului mărfurilor periculoase
- ❑ aplicarea metodei Electre III în scopul rezolvării unei probleme de transport al mărfurilor periculoase
- ❑ obținerea unui rezultat credibil, care validează corectitudinea opțiunilor privind alternativele și criteriile impuse
- ❑ sinteza și evaluarea eficienței prevederilor internaționale privind măsurile tehnice menite să reducă riscul incidentelor în transportul mărfurilor periculoase
- ❑ propunerea a două soluții originale de sisteme automate de sesizare și neutralizare a pericolelor în incinta containerelor de transport, propunere depusă la OSIM spre brevetare și publicată de această instituție în Buletinul Oficial de Proprietate Industrială, nr. 5/2012
- ❑ generarea CAD a tuturor subansamblurilor și pieselor constructive din componența sistemului de siguranță propus spre brevetare
- ❑ generarea CAD a modelului de funcționare a sistemului de stingere (video)

- ❑ propunerea unui set de măsuri organizatorice, educative și de control pentru prevenirea agresivității mărfurilor periculoase asupra mediului ambiant, măsuri care pot să diminueze riscul transportului substanțelor descrise în ADR, clasele 2 – 9
- ❑ dezvoltarea unor programe educaționale aprofundate, destinate conducătorilor auto, care, în mod nemijlocit, trebuie să contribuie la identificarea pericolelor și implementarea primelor măsuri de diminuare a pericolelor în cazul unui incident. Programele au fost acreditate și sunt implementate la cererea operatorilor de transport interesați
- ❑ dezvoltarea unei aplicații numerice de calcul ai parametrilor mecanici și hidraulici ai sistemului de stingere a incendiilor pentru cazul particular al amoniacului, ca substanță periculoasă și o semiremorcă frigorifică Schmitz cu capacitatea maximă de încărcare de 67m<sup>3</sup> (sau sarcina maximă autorizată de 33.55 tone), ca mijloc de transport
- ❑ optimizarea numărului de duze de pe conducta principală având drept criteriu condiția ca, la încărcarea minimă a containerului ales, conurile de dispersare a lichidului să se intersecteze, astfel încât să fie acoperit integral volumul compartimentului de încărcare
- ❑ determinarea legii de variație a unghiului de oscilație al conductei principale funcție de gradul de încărcare al compartimentului
- ❑ determinarea algoritmilor de calcul ai caracteristicilor depozitelor de mărfuri periculoase, cu detalierea pe metode de paletizare (cu stive sau stelaje).

Prezenta teză este dedicată unui domeniu tehnic particular și puternic interdisciplinar, cu impact economic și ecologic, domeniu a cărei abordare științifică se află la început. Lucrarea este o mărturie a interesului pentru dezvoltarea și aprofundarea acestui tip de abordare. Din punct de vedere tehnic, concluziile acestei teze conduc la următoarele direcții de cercetare și dezvoltare:

- ❑ stabilirea unor soluții eficiente de sisteme de siguranță orientate pe clase de substanțe periculoase
- ❑ generarea soluțiilor constructive adecvate tuturor tipurilor standardizate de unități de transport
- ❑ elaborarea unui sistem de urmărire a numărului de incidente/accidente în care sunt implicate vehicule încărcate cu mărfuri periculoase, cu analiza cauzelor, implicațiilor etc.
- ❑ elaborarea unui sistem național de rute obligatorii pentru transportul mărfurilor periculoase și urmărirea în timp real a vehiculelor de pe trasee, așa cum se practică în țările avansate economic.

## Bibliografie

- [A1] \*\*\* Acord European privind transportul rutier internațional de mărfuri periculoase. Comisia Economică pentru Europa (Comitetul pentru transporturi interioare). New York și Geneva. 2011
- [A2] Apl, E.: Risk-based Transportation Planning Practice. Overall Methodology and a Case Example. INFOR. 1995. 33: 4-19
- [A3] Abkovitz, M., Lepofsky, M., Cheng, P.: Selecting Criteria for Designating Hazardous Materials Highway Routes. Transportation Research Record. 1992. 1333: 30-35
- [A4] Avram, V., Sârbu, Ghe., Balint, I.: Metodologia calculului forțelor și mijloacelor necesare stingerii incendiilor. Ministerului de Interne. București. 1984
- [A5] Alcaz, T. Russu, V. Oprea, A. Straistari C.: Tehnologia organizării transportului de mărfuri. Chișinău. 2007
- [B1] **Bușa**, E.: Transportul mărfurilor periculoase. Ediția a III-a. Editura Universității Aurel Vlaicu. Arad. 2012
- [B2] **Bușa**, E.: Ghid Legislativ al mărfurilor periculoase. Ed.a I-a Editura Multimedia Internațional. Arad. 2006
- [B3] **Bușa**, E.: Storage technology and safety special materials (dangerous). Metalurgia International. ISSN: 1582-2214. 2011. XVI(7): 94-100
- [B4] **Bușa**, E.: O scurtă privire asupra transporturilor rutiere de mărfuri periculoase în România. Proceedings of the International Symposium Research an Education in an Innovation Era 2<sup>nd</sup> Edition, ISSN 2065 2569. Editura Universității Aurel Vlaicu. Arad. 2008. p. 84
- [B5] **Bușa**, E.: Impactul transportului intermodal al mărfurilor periculoase asupra mediului. Analele Universității Constantin Brâncuși din Târgu Jiu. ISSN 1842-4856, Editura Academica Brâncuși. Târgu Jiu. Seria Inginerie nr.3/2009: 159-170
- [B6] **Bușa**, E.: Creșterea siguranței și securității privind transportul aerian al mărfurilor periculoase. Scientific Research and Education in the Air Force AFASES 2010 Brașov. ISBN 978-973-8415-76-8. 2010:614-618
- [B7] **Bușa**, E.: Particularitățile mărfurilor periculoase transportate și impactul medioambiental al acestora. Buletinul AGIR. ISSN 2247-3548. București. 2009:32-36
- [B8] **Bușa**, E.: Sistemul integrat al mărfurilor periculoase Om-autovehicul –mediu. Analele Universității Constantin Brâncuși din Târgu Jiu. ISSN 1842-4856. Editura Academica Brâncuși. Târgu Jiu. Inginerie nr.3/2010: 406-415

[B9] **Bușa, E.:** Sistemul integrat pentru transportul aerian al mărfurilor periculoase. Scientific Research and Education in the Air Force AFASES 2011 Brașov. ISSN-L: 2247-3173. 2011: 1042-1046

[B10] **Bușa, E.:** Ghid legislativ al mărfurilor periculoase. Ediția a II-a. Editura Multimedia Internațional. Arad. 2008

[B11] **Bușa, E.:** Transportul mărfurilor periculoase. Ediția a III-a. Editura Universității Aurel Vlaicu. Arad. 2012

[B12] **Bușa, E., Bradu, Ghe.:** Legislația AETR și utilizarea aparatelor tahograf pe înțelesul tuturor, Ediția a II-a. Editura Multimedia Internațional. Arad. 2010

[B13] **Bușa, E.:** Logistica și Mecanica pentru persoanele cu funcții care concură la siguranța rutieră. Editura Multimedia Internațional. Arad. 2010

[B14] **Bușa, E.:** Securitatea mărfurilor periculoase. Editura Multimedia Internațional. Arad. 2009

[B15] **Bușa, E.** Îmbunătățiri privind sistemul om-autovehicul-mediu. Analele Universității Constantin Brâncuși din Târgu Jiu. ISSN 1842-4856. Editura Academica Brâncuși. Târgu Jiu. Seria Inginerie nr.4/2011: 262-271

[B16] **Bogathy, Z.:** Introducere în psihologia muncii. Tipografia Universității de Vest. Timișoara. 2002

[B17] **Bușa, E.:** Procedeu și instalație pentru neutralizarea/sesizarea acumulărilor de gaze periculoase și stingere a incendiilor în compartimentul de încărcare a unui vehicul de transport marfă. OSIM. Buletinul Oficial de Proprietate Industrială. Secțiunea Brevete de invenție. 2012. 5: 54

[B18] **Batarliene, N.:** Improvement of Dangerous Goods Transportation Technology and Reducing the Accidents. Transport and Telecommunication. 2008. 9(1): 8-13

[C1] **Cuciureanu, M.:** Ghidul măsurilor de urgență. Autoritatea Rutieră Română, Editura I&A. București. 2005

[E1] **Erkut, E, Ingofsson, A:** Catastrophe Avoidance Models for Hazardous Materials Route Planning. Transportation Science. 2000. 34: 165-179

[E2] **Elshafey, M. M., Abd El Halim, A. O., Isgor, O. B., Contestabile E., Katsabanis, T.:** Numerical and experimental investigations for safer transportation of dangerous goods. Journal of Transportation Security

[F1] **Frățilă, G., Frățilă, M., Samoilă, S.:** Automobile. Editura Didactică și Pedagogică. București. 2007

[F2] **Florea, S., Siteanu, I., Zidaru, I., Panaitescu, V.:** Mecanica fluidelor și mașini hidropneumatice. Editura didactică și pedagogică. București. 1982

- [G1] Gruescu, C. M., Nicoara, I., **Bușă**, E.: Loading Devices for Closed-loop Gear Test Stands: Mechanisms, Transmissions and Applications MeTrApp-2011. ISSN 2211-0984. ISBN 978-94-007-2726-7. e-ISBN 978-94-007-2727-4. Timișoara. 2011: 283-291
- [H1] Hamouda, G.M.: Risk-Based Decision Support Model for Planning Emergency Response for Hazardous Materials Road Accidents. Teza de doctorat. University of Waterloo. Australia. 2004. 255p
- [H2] Harwood, D.W., Viner, Russell, E.R.: Procedure for Developing Truck Accident and Release Rates for Hazardous Routing. Journal of Transportation Engineering. 1993. 119: 189-199
- [J1] Jurcău, N.: Psihologie inginerească. U.T.Pres. Cluj-Napoca. 2003
- [L1] Lungu, D., **Bușă**, E.: Îndrumar privind transporturile rutiere. Editura Multimedia Internațional. Arad. 2005
- [L2] Lepădatu, L., Sandor, G.: Manualul Șoferului. Editura IFPTR. Miercurea Ciuc. 2011
- [L3] Lukezic, M., Marinsek, M., Faganeli, J.: Evaluation of Burning Test Rate Method for Flammable Solids to Increase air-Cargo Safety. Acta Chim. Slov. 2010. (57): 129-135
- [M1] Mihăiescu T.: Evaluarea riscurilor de mediu prin metoda matriceală. PPT. EIM. 2012
- [N1] Nicoară, I., Gruescu, C. Sticlaru, C.: Fiabilitate și terotehnică. Editura Politehnica. Timișoara. 2006. 344p
- [N2] Negru-Străuți, G.: Management. Editura Politehnica. Timișoara. 2010. 225p
- [N3] Nicoară, I. et al: Organe de mașini și mecanisme. vol. I. Lito UPT. Timișoara. 1983. 248 p.
- [P1] Petrescu, V., Pâslaru, C., Sârbu, R.: Expertiză merceologică. Editura A.S.E., București, 2002
- [P2] Patterson, J., Hakkinen, P.J., Wullenweber, A.E.: Human health risk assesment: selected internet and world widw web resources. Toxicology. 173. 2002: 123-143
- [P3] Popa, H., Străuți, G., Vasu, M., Pater, F.: Managementul și ingineria sistemelor de producție. Metode de analiză, evaluare, proiectare și decizie. Editura Politehnica. Timișoara. 2001.308p
- [P4] Pavelescu, D., Rădulescu, Gh., Gafițanu, M., Gheorghiu, N.: Organe de mașini. Editura didactică și pedagogică. București. 1985

- [P5] Proca, A., Stănescu, G.: Substanțe și Produse utilizate în ind.chimică- pericol de incendiu-pericol de explozie-toxicitate. Ministerul Industriei Chimice-I.P.A.C. București. 1984
- [R1] Revelle, C., Cohon, J., Shorobry, D.: Simoultaneous Siting and Routing in the Disposal of Hazardous Wastes. Transportation Science. 1991. 25: 138-145
- [R2] Roy, B.: Classement et choix en presence de points de vue multiples (Elimination et choix traduisant la realite – ELECTRE. RIRO. 1968. 8.
- [R3] Roy, B.: The Outranking Approach and the Foundations of ELECTRE Methods. Readings in Multiple Criteria Decisions. Springer-Verlag.1990. p.155-183
- [R4] Roy, B.: Decision Science or Aid-Science Decision?. European Journal of Operational Research. 1993. 66:184-203
- [R5] Rădulescu, Ghe., Gheorghiu, N., Miloiu, Ghe.: Îndrumător de proiectare în construcția de mașini. Editura tehnică. București. 1986
- [S1] Sârbu, R.: Expertiză merceologică. Editura Oscar Print. București. 2000
- [S2] \*\*\* Strategia pentru transport durabil pe perioada 2007-2013 și 2020 - 2030. Guvernul României. Ministerul Transporturilor. 2008
- [S3] Saccomanno, F.F., Chan, A.: Economic evaluation of Routing Strategies for Hazardous Road Shipments. Transportation Research Record. 1991. 1020: 12-18
- [S4] Sârbu, R.: Tratat privind expertizarea calității mărfurilor de export – import. Editura Oscar Print. București. 2002
- [T1] Thomas, R.E., Agnew, J., Rankin K.: Thomas' Stowage – The Properties and Stowage of Cargoes. Brown, Son & Ferguson Ltd. Nautical Publishers. Glasgow. 2004
- [W1] URL: <http://www.insse.ro>
- [W2] URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/>
- [W3] URL: <http://www.epa.gov/eims/pres2.html>
- [W4] URL: <http://www.nihs.go.jp/GINC/index.html>
- [W5] URL: <http://www.riskworld.com/>
- [W6] URL: <http://ace.orst.edu/info/extoxnet>
- [W7] URL: <http://www.epa.gov/risk>
- [W8] URL: <http://www.tera.org>
- [W9] URL: [http://www.commerce.wa.gov.au/WorkSafe/PDF/Hazard\\_identification/Risk\\_Assessment\\_Record.pdf](http://www.commerce.wa.gov.au/WorkSafe/PDF/Hazard_identification/Risk_Assessment_Record.pdf)
- [W10] URL: <http://www.scribd.com/doc/78624758/Evaluarea-Riscului-de-Mediu-Conform-Ordinului-MAPPM-Nr.84/1997>
- [W11] URL: <http://www.safetyrisk.com.au/risk-assessment-form-templates/>
- [W12] URL: <http://ro.wikipedia.org/wiki/Amoniac>
- [W13] URL: <http://www.safetyrisk.com.au/risk-assessment-form-templates/>
- [W14] URL: [http://www.politiaromana.ro/dpr/dinamica\\_accidentelor\\_circulatie.htm](http://www.politiaromana.ro/dpr/dinamica_accidentelor_circulatie.htm)
- [W15] URL: <http://dsd.utcb.ro/teze/Dragulet-Razvan-Laurentiu-Rezumato.pdf>



- [W16] Wang, X., Triantaphillou, E.: Ranking Irregularities When Evaluating Alternatives by Some Electre Methods. *Omega*. 2006. 36(1): 44-63
- [W17] URL: <http://www.asecib.ase.ro/Nica/CO/BCO/capitolul21.pdf>
- [W18] URL: [http://ac.upg-ploiesti.ro/gpanaitescu/mssp\\_curs\\_id.pdf](http://ac.upg-ploiesti.ro/gpanaitescu/mssp_curs_id.pdf)
- [W19] URL: <http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/cl-inventory-database>
- [1] \*\*\* International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS). International Maritime Organization. 1974
- [2] \*\*\* International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). International Maritime Organization. 1983
- [3] \*\*\* Directiva 2008/68/CE a Parlamentului European și a Consiliului privind transportul interior rutier, feroviar sau pe căi navigabile interioare de mărfuri periculoase. 2008
- [4] \*\*\* Directiva nr. 94/55/CE a Consiliului de apropiere a legislațiilor statelor membre privind transportul rutier de mărfuri periculoase, cu modificările și completările ulterioare. Parlamentul European și Consiliul Uniunii Europene. 2004
- [5] \*\*\* Directiva 2008/68/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 24 septembrie 2008 privind transportul interior de mărfuri periculoase Parlamentul European și Consiliul Uniunii Europene. 2008
- [6] \*\*\* TLID1607D. Load and unload explosives and dangerous goods. Transport & Logistics Industry Skills Council. Commonwealth of Australia, 20132  
URL: <http://training.gov.au/Training/Details/TLID1607D>
- [7] \*\*\* Laboratory Work Risk Assessment. Chem Doc Control. University of Wollongong. School of Chemistry. 2008
- [8] \*\*\* Guidance document for the classification of dangerous goods with regard to their "corrosive effect on living tissue". Bundesinstitut für Risikobewertung. 2012.  
URL: <http://www.bfr.bund.de>