

Noi direcții de cercetare și dezvoltare considerate de CESTRIN

Problematica coeficienților de echivalare în osii standard de 115 kN

Înainte de trecerea la etapa de dimensionare a structurilor rutiere prin metoda analitică (2000 - Search Corporation), CESTRIN a fost cel care a trasat și sprijinit după înființare direcțiile de cercetare și dezvoltare, inclusiv pentru această parte componentă a ingineriei de drumuri, respectiv proiectarea structurilor rutiere.

Un scurt istoric al dimensionării structurilor rutiere arată că:

1. Înainte de anul 1968, se pare că dimensionarea structurilor rutiere se baza pe o metodă empirică, neanalitică, adică observațională, care folosea indicele de capacitate portantă Californian al terenului de fundare (CBR) - conform sursei „Structuri rutiere suple și semirigide. Dimensionare și alcătuire”, de doamna Georgeta Fodor și doamna Nadia Popescu.
2. În anul 1968, apare STAS 1339 „Lucrări de drumuri. Dimensionarea sistemelor rutiere, Principii fundamentale”, care introduce pentru prima dată criteriul privind deformația maximă admisibilă, deformație dincolo de care structura rutieră este considerată că a cedat.
3. STAS 1339 - „Lucrări de drumuri. Dimensionarea sistemelor rutiere, Principii fundamentale” - din 1968 și revizuit în anul 1979, introduce pentru prima dată noțiunile de:
 - a) Trafic de calcul la care o structură rutieră trebuie dimensionată;
 - b) Vehicul etalon în calculul de dimensionare, referindu-se la Autocamionul A13, al cărui greutate pe osia spate era de 91 kN.

2.3.2. Intensitatea de calcul (N) se definește ca intensitate maximă zilnică a circulației de perspectivă, în ambele sensuri, din perioada sezonieră cu cele mai nefavorabile condiții hidro-termice, exprimată în vehicule etalon A 13 în 24 ore.
În cazul când valoarea obținută este inferioară intensității medii anuale, se va lua în general în calcule intensitatea medie anuală în 24 ore a circulației de perspectivă în ambele sensuri.

4. În perioada 1968–1999, au existat diverse metode de dimensionare, începând de la metoda Westergaard/Ivanov/bistrat elastic, culminând în anul 1999 cu metoda de dimensionare analitică pentru structurile rutiere suple și semirigide. Această metodă a fost fundamentată inclusiv pe programul european COST 333. În această perioadă, au fost publicate și cataloage de structuri rutiere. (PD 177 – 2001 a înlocuit PD 177-1976);
5. În anul 2002, a apărut și Normativul pentru dimensionarea structurilor rutiere rigide NP 081, normativ care a înlocuit PD 177-76. Acest normativ a rămas ca metodă de calcul la nivelul anilor '80, părând să utilizeze exact metodele de calcul descrise în cartea „Drumuri. Calcul și Proiectare” din anii '80, lucrare elaborată de un colectiv format din Dr. Ing. Stan Jercan, Ing. Carmen Păucă, Ing. Constantin Romanescu, Ing. Ion Racanel, Ing. Elena Șovărel sub îndrumarea Domnului Profesor Doctor Inginer Dorobanțu. Acest normativ nu a reușit sau nu a realizat foarte bine adaptarea metodelor din cartea de drumuri menționată anterior, la osia standard de 115 kN.

CESTRIN în acest context istoric

În anul 1991, a fost înființat Centrul de Cercetare CESTRIN. CESTRIN a intervenit în problematica dimensionării structurilor rutiere, mai ales prin introducerea și gestionarea contoarelor de trafic, în special a celor de tip WIM, care permiteau cântărirea dinamică a autovehiculelor. În acest mod, s-a făcut trecerea de la metode de echivalare în autovehicul etalon, absolut grosiere, la metode mult mai exacte de echivalare a traficului în osii standard, luând în considerare spectrul real al

încărcăturilor din trafic la nivelul structurilor rutiere. Astfel, s-a reușit trecerea de la autovehiculul etalon A13 la osia standard de 115 kN, iar noii coeficienți de echivalare au fost corelați inclusiv cu spectrul real al încărcăturilor din trafic. Mai mult decât atât, acești coeficienți de echivalare sunt recalculați o dată la 5 ani, ocazie cu care are loc Recensământul General de Trafic.

Parcursul factorilor de echivalare în osii standard:

A. Ieri - Vehicul etalon A13

În baza unui simplu tabel, având la bază greutatea totală (nu spectru de încărcări), presiunea din anvelopă și amprenta de contact, se realiza o echivalare a celorlalte tipuri de autocamioane în autocamion A13. Principiul care stătea la baza echivalării consta (conform cărții „Drumuri. Calcul și Proiectare”) în faptul că vehiculele reale care circulă pe un drum pot fi transformate într-un singur fel de vehicule etalon A13, punând condiția ca asupra aceleiași șosele să producă aceeași deformație.

Rezultă egalitatea :

$$p_i D_i (0,5 + 0,65 \lg N_i) = p_0 D_0 (0,5 + 0,65 \lg N_0)$$

în care : p_i, D_i, N_i sînt caracteristicile traficului real ;

p_0, D_0, N_0 — caracteristicile traficului dat de vehiculul etalon.

Rezolvînd această relație în raport cu $\lg N_0$ se obține :

$$\lg N_0 = \gamma_i (0,77 + \lg N_i) - 0,77 \quad (X1.3)$$

unde γ_i este numit coeficient de transformare și are expresia :

$$\gamma_i = \frac{p_i D_i}{p_0 D_0} = \frac{0,5 + 0,65 \lg N_0}{0,5 + 0,65 \lg N_i} = \frac{K_0}{K_i}$$

Ca date de intrare se utiliza numărul de autocamioane care se dorea transformate în autocamioane etalon A13 și datele privind caracteristicile traficului real din tabelul de mai jos:

Tabelul XI 2

Tipul de autovehicul	Greutatea, daN		Greutatea maximă pe osie daN	Presiunea pe suprafața de contact daN/cm ²	Diametrul cercului echivalent de contact, cm
	Totală	Utilă			
Autocamionetă TV 5 C	2 675	1 000	1 350	2,75	17,8
Autofurgonetă TV 5 F	2 875	1 100	1 360	2,75	17,8
Autocamion SR 121 (Carpați)	6 035	3 000	1 375	5,00	23,7
Autocamion SR 113 (Bucegi)	8 825	5 000	6 605	5,80	26,8
Autocamion R 215 DF	18 500	10 500	2 × 7 000	7,15	25,0
Autocamion TATRA T 111 R	18 840	10 240	2 × 7 550	6,05	28,2
Autocamion IAZ-210	23 525	12 000	2 × 9 170	6,05	31,6
Autocamion SKODA ET	15 000	8 600	10 100	7,15	32,7

B. Azi - Osia standard 115 kN, coeficienții de echivalare

Adoptarea osiei standard de 115 kN a avut la bază, pe de o parte, alinierea la metodele europene de calcul și, pe de altă parte, creșterea încărcării admisibile pe osiile autovehiculelor de marfă la nivel național după anul 1990, cu corelare la nivel european. Pentru determinarea agresivității unui autovehicul la nivel de structură rutieră, de această dată se utilizează mai întâi echivalarea fiecărei osii a autovehiculului cu osia standard de 115 kN și apoi însumarea factorilor de echivalare ai tuturor osiilor autovehiculului (bineînțeles, cu luarea în considerare a spectrului de încărcări, așa cum a rezultat el din contoarele WIM gestionate de CESTRIN).

Formula de calcul a fost stabilită în cadrul unui studiu elaborat de SEARCH CORPORATION în anul 2000, studiu privind „Metoda de echivalare a vehiculelor etalon pentru dimensionarea sistemelor rutiere recomandată pentru țara noastră” – Revista de Drumuri și Poduri Nr. 71 din anul 2003. Articolul: „Evoluția transportului rutier și determinarea agresivității acestuia asupra drumurilor” – Semnat: Ing. Mircea Nicolau.

Prezentăm din articol:

Relația generală pentru determinarea coeficienților de echivalare „f_i” este:

$$f_i = A \left[\frac{P_i}{115} \right]^b \quad (1)$$

în care:

P_i - sarcina pe osie a unui vehicul real;
b - exponent în funcție de tipul de sistem rutier;
A - parametru care depinde de tipul de osie.

Tabelul 2. Parametrii de calcul pentru echivalarea vehiculelor reale în osii standard de 115 kN

Structura rutieră	Parametrul „A” în funcție de tipul de osie				
	Exponentul „b”	Osia din față	Alte osii simple	Osii tandem (elementare)	Osii tridem (elementare)
Suple și semirigide noi	3	2.4	0.6	0.6	0.6
Ranforsare sisteme rutiere suple și semirigide	4	1.6	1.0	1.8	1.8
Rigide	12	1.0	1.0	12	113

Parametrii de calcul în relația (1) au fost stabiliți după cum urmează:

a) pentru sistemele rutiere suple și semirigide noi și pentru ranforsarea sistemelor suple și semirigide existente, pe baza unui studiu elaborat de SEARCH CORPORATION în anul 2000 privind „Metoda de echivalare a vehiculelor fizice în vehicule etalon pentru dimensionarea sistemelor rutiere recomandată pentru țara noastră”.

b) Pentru sistemele rutiere rigide, pentru care nu exista studii în țara noastră, au fost adoptate valorile recomandate de prescripțiile franceze NF P98-082.

Modul de calcul și valorile finale aferente coeficienților de echivalare sunt publicate ulterior studiului și în Normativul AND 584-2002/ AND 584-2012.

Tabelul 3. Coeficienți medii de echivalare a vehiculelor fizice în osii de 115 kN

Tipuri de structuri rutiere	Grupa de vehicule					
	Auto-camioane și derivate cu 2 osii	Auto-camioane și derivate cu 3 și 4 osii	Auto-vehicule articulate	Auto-buze	Tractoare cu/fără remorci	Tren rutier
Suple și semirigide	0.1	0.7	0.9	0.6	0.1	1.0
Ranforsări structuri rutiere suple și semirigide	0.1	0.8	1.1	0.6	0.1	1.2
Rigide	0.2	2.6	1.5	2.0	0.2	1.4

Sursa: AND 584 -2012

C. Mâine - Osia standard 115 kN, coeficienții de echivalare

Metoda de echivalare de la nivelul anilor 2000 din analizele noastre pare a necesita îndreptarea următoarelor aspecte:

1. Raportul între două încărcări pe osie nu poate lua în considerare comportamentul real al structurii rutiere sub încărcarea din trafic. De exemplu, o structură rutieră nouă cu 3 straturi de mixtură asfaltică diferă ca și comportament sub acțiunea încărcărilor din trafic de o structură rutieră nouă cu 2 straturi/structură rutieră ranforsată. Prin comportament sub acțiunea încărcărilor din trafic înțelegem atât valorile deformațiilor produse cât și cele ale eforturilor.
2. La nivel de coeficienți de echivalare în osii standard, formula aferentă structurilor rigide conduce, după aplicare, la rezultate neverosimile.
3. La nivel de structură rutieră suplă și semirigidă este clar faptul că există o cu totul altă valoare a eforturilor și deplasărilor obținute sub aceeași încărcare din trafic, dar coeficienții de echivalare sunt identici pentru structura rutieră suplă și semirigidă.
4. În realitate, realitate confirmată și de alte standarde care țin cont de rigiditatea structurală a sistemului rutier (de exemplu, ASHTO), în cazul structurilor rutiere ranforsate (suple și semirigide), coeficientul de echivalare în osii standard de 115 kN ar trebui să fie mai mic decât în cazul structurilor rutiere noi.
5. Coeficienții de echivalare nu par a fi corelați cu greutatea totală a vehiculului și numărul de osii pe care se distribuie încărcarea. Din analizele realizate de către DIST – CESTRIN, autovehiculele cu 4 osii este necesar a fi tratate separat de autovehiculele cu 3 osii.

Pentru structurile rutiere suple și semirigide, considerăm că toate aspectele prezentate mai sus pot fi depășite dacă:

1. Formula de echivalare de la nivelul anilor 2000 este asociată și cu un parametru care să țină cont de rigiditatea structurii rutiere (de exemplu, numărul structural din ASHTO).
2. Formula de echivalare să fie modificată și să aibă în vedere legea de oboseală a mixturii asfaltice și un parametru care să țină cont de starea de eforturi și/sau deformații din acțiunea traficului la nivelul structurii rutiere.
3. Structurile rutiere noi sau ranforsate ar trebui să fie împărțite în:
 - Suple și semirigide ca urmare a unei stări de deformații și eforturi semnificativ diferite sub aceeași încărcare;
 - Structuri rutiere cu 3 straturi din mixtură asfaltică și structuri rutiere cu 2 straturi din mixtură asfaltică - din aceleași considerente ca și mai sus.

În realitate, fiecare structură rutieră are propriii săi coeficienți de echivalare în osii standard.