

# **Problema tracțiunii electrice pe căile ferate române.**

**Aspecte și păreri. Condiții de rentabilitate.  
Program de electrificare.**

**ION S. GHEORGHIU**

Inginer Șef  
Conferențiar la Școala Politehnică din București  
Șef de serviciu în Direcția G-lă a Constr. de Căi Ferate

**Electrificarea căilor noastre ferate**, iată o problemă care de la război încoace se bucură de o deosebită faoare, nu numai în cercul preocupărilor ingineresti, dar și în afară de acestea.

Explicația acestei înfrăgiri stă în mare parte în înrudirea pe care chestiunea electrificării căilor ferate o are cu o altă problemă de o importanță covârșitoare în politica economică a țării noastre de după război, și anume cu *problema isvoarelor de energie ale țării*.

Asta nu înseamnă însă că chestiunea electrificării căilor ferate a așteptat la noi în țară să fie luată în remorcă de problema energiei, pentru ca să și facă apariția în arena preocupărilor ingineresti. Nu. Încă din anul 1913 Serviciul Lucrărilor Noi din C. F. R., (astăzi Direcțiunea Generală a Construcțiilor de Căi Ferate) din inițiativa și sub conducerea Directorului său *D-l Ing. Insp. General R. Baiulescu* a înființat o secție a electrificărilor de căi ferate, care în anii 1913—14, pregătise mai toate elementele necesare electrificării liniei Ploești-Predeal. Se începuse și studiul pe teren și în biroul tehnic pentru stabilirea unei centrale hidro-electrice pe râul Ialomița, destinată a furniza energia electrică ne-

cesară acestei electrificări <sup>1)</sup>). Lucrul era bine pus pe cale, dar a venit războiul european și atențiunea serviciului fiind chemată spre alte lucrări urgente în legătură cu apărarea țării, aceste începuturi au fost oprite.

Chestiunea nu a fost însă nici un moment pierdută din vedere de serviciul care cel dintâi o îmbrățișase, și acum de curând a fost reluată, de Serviciul Electrificărilor din Direcția G-lă a Construcțiilor de Căi Ferate, bine înțeles la lumina ultimilor înfăptuiri făcute în alte țări în această chestiune și în cadrul tuturilor factorilor de care e legată.

Căci dacă înainte de război problema era o problemă locală, care se punea pentru o anumită linie, a cărei capacitate de trafic trebuia sporită, astăzi ea este o problemă vastă, cu fețe multiple și cu contingențe numeroase. Nimic mai greșit de cât a nu cunoaște sau a nu voi să cunoaștem o chestiune complexă, de cât sub unul din aspectele sub care ea se poate prezenta. Numai când am întors o asemenea chestiune, sub toate fețele ei, putem să o judecăm în mod în adevăr obiectiv și folositor. Acest lucru vom încerca să-l facem în rândurile de mai jos.

## I

### Aspectele sub care se prezintă problema electrificării căilor ferate în România.

**1. Aspectul bunei politici economice a izvoarelor de energie.** O bună politică a izvoarelor de energie din întreaga Românie, ne spune că trebuie să le utilizăm cât mai rațional, punând cât mai mult în valoare pe cele nepușabile și economisind pe cele epușabile care trebuiesc să constituie rezerva viitorului <sup>2)</sup>).

Or astăzi în mai toate industriile țării, fără deosebire, consumăm numai energie epușabilă sub formă de lignit și petrol.

---

1) O parte din rezultatele acestor studii au fost publicate în Buletinul Soc. Politehnice No. 5 și 6 din 1915.

2) Chestiunea aceasta se găsește tratată pe larg în studiul remarcabil al d-lui *Ing. C. Bușilă* : *Problema energiei în România* prezentat celui de al 2-lea congres al Inginerilor din România. (Buletinul A. G. I. R. No. 10, anul 1922).

Și între toate aceste industrii în frunte stau căile ferate, care cu cele circa 12.000 klm. de linii și circa 1600 locomotive azi în serviciu, consumă mai mult combustibil de cât toate celelalte industrii la un loc.

O locomotivă în serviciu consuma înainte de război după statisticele publicate în acel timp de Dir. Generală a C. F. R., cam 460 tone de păcură pe an, sau 1000 tone de lignit de Comănești.

Luând aceleași cifre și acum după război, lucru de altfel logic dacă ținem seama că în cei câțiva ani din timpul războiului locomotiva cu abur n'a făcut vre-un progres deosebit care să îndreptățească o reducere a aceste cifre, avem astăzi: consumația totală anuală în ipoteză că toate locomotivele C. F. R. ar arde numai păcură :

$$460 \times 1600 = 736.000 \text{ tone de păcură}$$

Iar în ipoteză că toate locomotivele ar arde numai lignit :

$$1000 \times 1600 = 1.600.000 \text{ tone de lignit.}$$

Aceasta ne reprezintă în lignit aproape întreaga consumație de lignit din țară a anului 1921 (1800000 tone) iar în păcură mai mult de jumătate din producția totală a sondelor din același an.

Cum în realitate consumația locomotivelor se împarte între lignit și păcură (abstracție făcând de consumația de lemne, care e din ce în ce mai redusă), putem spune că astăzi cam *o treime din tot combustibilul solid și lichid al țării se consumă în locomotivele căilor ferate*, consumație cu atât mai irațională cu cât ea se face în niște uzine mobile în condițiuni de randment foarte proaste, mult mai proaste de cât într'o uzină fixă.

Iată deci cine este cel mai mare risipitor al surselor de energie epuizabilă ale țării. Este Statul cu Căile sale Ferate, tocmai Statul care trebuie să fie apărătorul acestor surse de energie, și care cel dintâi este chemat să aplice principiile unei sănătoase politici de economie în această materie ! Concluzia ce se impune este următoarea : *Această risipă neiertată trebuie să înceteze fără întârziere, locomotiva cu aburi trebuie gonită repede, de pe cât mai multe linii, dacă se poate de pe toate.*

2. Aspectul C. F. R. Amărât și hărțuit de necazurile și durerile pe care cu toții le cunoaștem și le împărtășim, drumul de fer cu tracțiunea lui cu abur ar putea ține cam următorul limbaj în materie de electrificări :

O fi importantă pentru țară problema energiei, dar mai im-

portantă este problema în sine a transporturilor pe cale ferată, căci în ziua în care aceste transporturi ar înceta, țara întreagă se va prăbuși împreună cu problema energiei și cu toate celelalte probleme ce o agită. Or puțin a lipsit să nu fie așa, îndată după războiu, când material rulant aproape nu mai exista, când calea era slăbită, podurile stricate, instalațiile defectuoase etc.

Electrificare ne lipsea nouă atunci ?

Dar astăzi ? Astăzi de sigur punctul critic este trecut. Parcul de locomotive și vagoane este în mare parte refăcut, circulația merge spre normal, dar mai sunt încă atâtea de făcut și refăcut, dacă n'ar fi să amintim de cât, consolidarea sau refacerea căii, refacerea podurilor provizorii din timpul războiului, ambele în curs de execuție, construcții de ateliere, instalații, magazine și sporiri în stații, normalizarea căilor largi, sporirea, consolidarea și mai ales refacerea pe baze naționale a materialului omenesc slăbit și el după război etc.

Cu atâtea probleme pe capul ei, se poate gândi chiar astăzi la electrificare, calea ferată ? Și apoi ar fi iertat să introducem tracțiunea electrică, instrument așa de scump, pe o linie proastă, cu șinele uzate, cu traversele putrede și cu podurile nesigure ? De sigur că nu ! *Să ne consolidăm și să ne refacem calea și podurile provizorii, să readucem mai întâiu tracțiunea cu abur la starea în care se găsea înainte de război și numai după aceea să ne gândim la electrificare.*

Iată concluzia la care suntem conduși când privim problema electrificării prin aspectul drumului de fier.

**3. Aspectul visteriei țării.** La îndemnurile pentru electrificare visteria țării răspunde scurt :

O fi, dar n'am parale. Mai târziu vom vedea.

**4. Aspectul „Inerției“.** Până acum n'am mai avut tracțiune electrică în țara asta și slavă Domnului au mers în trecut destul de bine toate. Măcar de ar merge tot așa și în viitor.

**5. Aspectul generos al chestiunii.** Mai toate țările civilizate au astăzi linii electrificate unele chiar rețele întregi. Noi nu avem de cât o singură linie mică de importanță locală.

Este iertat oare ca țara noastră să rămâie îndărăt pe acest tărâm și să nu fie și ea dotată cu acest nou instrument de progres ? În orice caz nu este iertat să nu studiem din vreme chestiunea, pentru ca înfăptuirea ei să nu ne apuce nepregătiți. Prin-

tre atâtea milioane cheltuite s'ar putea poate găsi și sumele infime pe care le-ar cere studierea și urmărirea continuă a chestiunii.

**6. Aspectul Capitalului particular.** Capitalul particular nu are în mod direct interes în electrificarea căilor ferate, pentru că știe bine că aceasta este o marfă pe care Statul și-o rezervă sie-și.

Dar capitalul particular caută plasamente în industria producerii de energie. Este încă ținut oarecum în loc de legiferările care se așteaptă în această materie, dar oricum, el știe că sub o formă sau alta, această marfă îi este tot lui rezervată, chiar de ar fi numai în consignație.

În materie de centrale, capitalul particular a învățat de la ingineri, că cu cât o centrală este mai mare, cu atât condițiunile de rentabilitate pot fi mai bune, și dacă anumite condițiuni sunt îndeplinite, această rentabilitate poate chiar deveni foarte mare într-o uzină hidroelectrică.

Dar ca în mai toate afacerile pe care le are în vedere, capitalistul vrea să și aibă chiar de la început asigurată rentabilitatea afacerii.

Or într-o țară ca a noastră în care industria nu a ajuns la o mare dezvoltare, consumatorii de energie electrică nu abundă pe toate cărările. Între toți acești consumatori ochii capitalistului se îndreaptă spre singurul care reprezintă astăzi un consumator real, permanent, sigur și ușor de evaluat ; acesta este Statul cu căile sale ferate electrificate. În ziua în care Statul va începe electrificarea cutărei căi ferate, va ieși ca din pământ și mult căutatul capital pentru punerea în valoare a cutării bogății hidroelectrice sau a cutărui combustibil, din apropiere, care zăcea până atunci fără căutare.

Tot din această cauză nu există astăzi susținători mai zeloși dar în același timp și mai grăbiți ai electrificărilor, de cât acei cari au în vedere punerea în valoare a vreunei căderi de apă, sau utilizarea vreunui combustibil gazos, sau a vreunui lignit slab, propiu a fi întrebuințat în mod rentabil într-o uzină termoelectrică construită la gura minei.

În fine alături de toate aceste aspecte, mai avem încă unul și anume :

**7) Aspectul obiectiv, care privește chestiunea în sine,**

constată toate legăturile arătate mai sus, le pune pe fiecare la locul ei, afectându-le de un coeficient de importanță potrivit împrejurărilor și condițiilor speciale ale țării noastre, și din toate acestea degajază o resultantă unică, care trebuie să fie forța destinată a pune în mișcare problema electrificării căilor ferate în țara noastră.

Sub acest singur aspect vom privi problema în cele ce urmează, căutând a degaja pe aceasta cale criteriile care trebuiesc să ne călăuzească în întocmirea unui program de electrificare. Vom căuta să întrebuițăm în acest scop metoda analizei critice obiective, preconizată mai sus, și vom începe prin a supune acestei analize însăși elementele care formează caracteristicile tracțiunii electrice.

## II

### Avantajele și dezavantajele tracțiunii electrice cu aplicație la cazul special al Căilor noastre ferate

Nu avem intenția a face o incursiune detaliată în domeniul avantajelor și dezavantajelor tracțiunii electrice. Despre caracterele și calitățile acestui fel de tracțiune și despre rezultatele obținute în această privință în alte țări, s'au scris deja pagini numeroase în literatura noastră tehnică <sup>1)</sup>.

Cităm ca bibliografie în materie următoarele publicațiuni:

1) *Electrificarea României*, studiu publicat de D-l Inginer D. Leonida în revista *Energia* și prezentat și primului congres al Inginerilor înut în Iași în anul 1921.

2) *Problema tracțiunii în rețeaua căilor noastre ferate*, studiu de rentabilitate al tracțiunii electrice prezentat la congresul inginerilor de la Timișoara în anul 1922 de D-l Inginer I. Aprihăneanu.

3) *Contribuțiuni la problema electrificării căilor ferate în România*, prezentate congresului din Iași din 1921, de D-l Ing. C. Rudeanu.

4) *Problema energiei* de d-l Ing. Aron M. Maksay, lucrare prezentată aceluiasi congres din Iași în anul 1921, cu date pentru electrificarea liniei Ploești-Brașov.

În fine următoarele studii publicate de subsemnatul înainte de război.

5) *Rentabilitatea electrificării liniei Ploești-Predeal*, cu date din proec-

În scopul discuțiunii la care le vom supune, vom reaminti numai pe scurt care sunt aceste avantaje și dezavantaje.

**Avantajele tracțiunii electrice.** 1) La egală putere locomotiva electrică, care este numai un transformator de energie, fără tender, fără cazan și fără provizie de combustibil, este mult mai ușoară de cât locomotiva cu abur, care fiind o uzină ambulantă își poartă cu ea și provizia de combustibil.

2) Locomotiva electrică este capabilă de o aderență mult mai mare de cât cea cu abur, rezultat al faptului că cuplu de tracțiune constant și rotativ chiar la origina producerii lui, este de calitate superioară în locomotiva electrică scutind-o de efectele perturbatoare ale încărcării inegale ale osiilor atât de dăunătoare aderenței. Calitate cu atât mai simțită cu cât linia are rampe mai mari.

3. Locomotiva electrică este capabilă de viteze mult mai mari de cât cea cu abur, și de porniri mult mai repezi și mai bune, rezultat tot al calității superioare a cuplului produs de motorul electric.

4) Cele 3 calități de mai sus se traduc din punct de vedere al exploatării prin marele avantaj al sporirii considerabile a capacității de trafic a liniei.

5) Reciproca precedentei proprietăți: Pentru o linie nouă, construită de la început pentru tracțiunea electrică se poate adopta un traseu mai greu, cu declivități mult mai mari, de unde poate resulta o considerabilă economie în construcția noului linii.

6) Tracțiunea electrică oferă cea mai sigură și minunată frână în pantă, prin recuperarea energiei, locomotiva electrică devenind uzină generatoare de energie electrică, în care energia cinetică a trenului ce coboară este transformată în curent electric trimis pe linie. Exemplele abundă în exploatările existente. Menționăm numai că pe linia Ploești-Brașov un tren de marfă de 500

---

tul de electrificare al acestei linii întocmit în 1914, publicat în Bul. Soc. Politehnice No. 5—6 Mai—Iunie 1916.

6) *Asupra electrificării marilor linii ferate în legătură cu ultimile electrificări făcute în Europa*, studiu general al tracțiunii electrice pe cale ferată, publicat în anul 1912 în Bul. Soc. Politehnice (No. 6, 7 și 8 din anul 1912).

7) *Tracțiune electrică sau tracțiune cu abur?* patru articole publicate în revista „Natura” în anul 1914 (No. 5 și 8 anul IX și No. 2 și 3 anul X).

tone, care ar coborî de la Predeal la Braşov pe panta de  $25^{\circ}/_{00}$ , ar produce singur energia necesară ca să mişte un tren accelerat de 200 tone purtate, care ar urca cu aceeaşi viteză între Câmpina şi Comarnic pe rampă de  $13^{\circ}/_{00}$ .

7) Mare uşurinţă de exploatare, care se traduce printr'o simţitoare micşorare a cheltuelilor de tracţiune. Această uşurinţă rezultă din acea că locomotiva electrică nu are nevoie de punere sub presiune şi de curăţirea finală, care răpesc la locomotiva cu abur mai tot atâta timp cât şi timpul util de parcurs, nu cere alimentări în drum cu pierdere de timp şi de manevră, şi nu are nevoie de placa turnantă ci e totdeauna gata de drum în ambele sensuri. Pentru toate aceste motive, locomotiva electrică capabilă de parcurhuri anuale mult mai mari ca cea cu abur, face în mijlociu serviciul a două locomotive cu abur, şi face acest serviciu într'un mod şi mai simplu şi mai ieftin.

8) Economie în personalul de conducere al locomotivei ne mai fiind nevoie de fochişti şi de echipele de punere sub presiune şi de curăţire şi economie în munca dezvoltată de conducător, care depune o muncă incomparabil mai uşoară de cât a unui mecanic de locomotivă cu abur.

9) Lipsa de fum apreciată în special în tunele.

10) O mai mare elasticitate în exploatare prin întrebuinţarea automotricelor şi a convoiurilor cu unităţi multiple.

11) Se pretează foarte bine la pătrunderea în oraşe cum ar fi de pildă în Bucureşti, pe o cale ferată urbană dealungul Dâmboviţei.

**Desavantajele tracţiunii electrice.** 1) Costul foarte ridicat al electrificării.

2) Intreaga exploatare a liniei depinde de o centrală. Un accident în centrală opreşte toată circulaţia pe linie.

3) Continuitatea exploatării este mai puţin bine asigurată ca la tracţiunea cu abur din cauza defectelor care se pot ivi în firul de cale, aceasta cu atât mai mult cu cât sistemul de suspensiune catenară nu a ajuns încă la o standardizare, ca linia aeriană a tramvaelor.

4) Deranjări în firele telegrafice şi telefonice în sistemele cu curent alternativ şi care nu se pot înlătura de cât cu mari cheltueli.



5) Liniile electrificate ar constitui o stânjenire în deplasările de trafic și mai ales în caz de război prin imposibilitatea de a concentra unde voim locomotivele electrice și prin micșorarea parcului total de locomotive atunci când tracțiunea electrică este suspendată din cauza distrugerii centralei.

**Rentabilitatea unei electrificări.** Avantajele și desavantajele de ordin financiar ale unei electrificări se concretizează prin resultanta lor în formula cunoscută a rentabilității unei electrificări. Această formulă nu este de cât exprimarea algebrică a următoarei relațiuni care există în totdeauna între traficul liniei și elementele economice ale electrificării :

Capitalul angajat în electrificare, deci și dobânda, amortismentul și cota de întreținere a instalațiilor respective, sunt aproape independente de traficul liniei.

Prin introducerea tracțiunii electrice se realizează o economie în capitolul cheltuelilor de exploatare, și această economie este proporțională cu traficul liniei.

Va exista atunci pentru fie arie linie un trafic începând de la care economia anuală resultată din reducerea cheltuelilor de exploatare să fie mai mare de cât suma ce represintă dobânda amortismentul și cota de întreținere a capitalului angajat. Numai de la acest trafic în sus electrificarea liniei devine o afacere rentabilă. Acest trafic se numește și *traficul critic* pentru electrificarea liniei.

Să însemnăm cu :

$N$  costul în lei al unui Km de linie electrificată, cuprinzând costul firului de cale, al substațiunilor, al feederilor de alimentare și de întoarcere, al modificărilor în liniile telefonice și telegrafice și al instalațiunilor suplimentare din depouri și ateliere.

$d$  dobânda, amortismentul și cota de întreținere anuală a instalațiilor de mai sus, exprimat în procente la sută și în lei.

$L$  lungimea liniei în Kilometri.

$M$  traficul total anual al liniei exprimat în tone-kilometri-brute transportate.

$b$  consumația de energie electrică pe linia electrificată măsurată la intrarea în substațiuni și exprimată în KWore pe tonă-kilometru-brută transportată.

$q$  costul KWoră la intrarea în substațiune exprimat în lei.

$c$  consumația de combustibil pe locomotiva cu abur, exprimate în kgr. pe tonă-kilometru brută transportată.

$p$  costul în lei al unui kgr. de combustibil.

$A$  economia anuală ce rezultă prin introducerea tracțiunii electrice, exprimată în lei pe tonă-kilometru-brută transportată. Asupra acestui factor, observăm că dacă însemnăm cu  $\alpha$  costul anual al cheltuelilor de tracțiune pentru o locomotivă cu abur și cu  $\beta$  pentru o locomotivă electrică, și cu  $Z_a$  și  $Z_b$  numărul locomotivelor cu abur și electrice ce fac serviciu pe linie, avem :

$$M \times A = \alpha Z_a - \beta Z_b$$

Dar fiindcă atât numărul de locomotive cu abur, cât și numărul locomotivelor electrice stau într'un raport de proporționalitate cu traficul liniei, putem scrie :

$$A = \alpha K_a - \beta K_b$$

Pentru ca pe linia propusă la electrificare, tracțiunea electrică să revie mai ieftin ca cea cu abur, trebuie ca :

$$d \times N \times L + b \times q \times M < c \times p \times M + A \times M$$

Sau :

$$\frac{M}{L} > \frac{d \times N}{c \times p + A - c \times q}$$

Mărimea  $\frac{M}{L}$  se poate numi *densitatea de trafic a liniei*,

iar expresia

$$\frac{d \times N}{c \times p + A - b q}$$

este *densitatea critică de trafic a liniei* începând de la care electrificarea devine rentabilă. Este de observat că există pentru orice linie o densitate critică de trafic începând de la care electrificarea devine rentabilă, pentru că numitorul expresiei de mai sus este în totdeauna pozitiv.

În adevăr, în toate exploatările existente s'a dovedit că exploatarea electrică aduce o micșorare mai mare sau mai mică, dar întotdeauna o micșorare a cheltueleur de exploatare, deci termenul  $A$  este întotdeauna pozitiv.

De asemenea s'a dovedit în toate exploatările electrice în-

făptuite până azi că tona kilometru-brută transportată electric revine mai ieftin de cât în exploatarea cu abur ( $cp > bq$ ).

Dar acesta este un adevăr care se poate afirma și a priori căci chiar dacă combustibilul care s'ar arde pe locomotivă ar fi de aceeași calitate ca cel care se arde în centrala electrică, randamentul pe locomotiva cu abur este atât de redus față de randamentul ce se obține într-o centrală fixă, în cât acopere cu prisosință pierderile ce se produc în transportul energiei de la centrală până la locomotiva electrică.

Diferența este cu atât mai accentuată cu cât într-o centrală se arde de obicei un combustibil mai ieftin ca cel consumat pe locomotivă. Raportul prețurilor  $c \times p$  și  $b \times q$  a fost și va fi în totdeauna același. Ca să fie altfel ar trebui ca pe deoparte să se ieftenească considerabil combustibilul și pe de altă parte să se sporească considerabil costul mașinilor și lucrărilor de construcție. Or atâta timp cât ambele aceste feluri de producție vor avea la bază același element unic care este mâna de operă omenească, — și nu vedem cum s'ar putea să fie altfel —, raportul de mai sus va rămâne mereu de același sens adică  $\frac{c \times p}{b \times q} > 1$ , și va exista deci întotdeauna pentru orice linie o densitate de trafic începând de la care tracțiunea electrică să fie mai ieftină ca cea cu abur.

**Discuția avantajelor și dezavantajelor tracțiunii electrice.** 1) Calitatea cea mai de seamă a tracțiunii electrice este *sporirea capacității de trafic*, prin sporirea considerabilă a tonajelor remorcate și a vitezelor. Se citează trenurile de marfă de 3000 tone, remorcate de o singură locomotivă electrică pe rampe de 10‰ cu viteze de 25 Km/ora pe liniile electrice din America.

Dar în America vagoanele au un sistem de atelaj central automat care permite eforturi de tracțiune la cârlig, de 45000 kgr. pe când în Europa rezistența cârligului de atelaj nu permite un efort de tracțiune mai mare de 12000 kgr. (excepțional 18000 kgr.) Acest efort de tracțiune limitează la circa 500 tone greutatea unui tren pe linia Câmpina-Predeal, la 400 tone pe Predeal-Brașov și la 700 tone pe Ploești-Câmpina. La câmpie greutatea ar fi mult mai mari. Așa pe o linie cu rampe sub 3‰ rezistența cârligului nostru de atelaj ar permite să se facă trenuri de 2000 tone. Dar mai este și altă împrejurare care limitează tonajul trenurilor noastre : este *lungimea stațiilor*.

O stație de 500 metri cum sunt foarte multe, ar avea cea mai lungă linie de garaj de 350 metri.

Pe o asemenea lungime de linie intră cam 50 vagoane cu 2 osii, Gs, și 25 vagoane cu 4 osii LSA. Primele, dacă ar fi toate încărcate la maxim (hipoteză limită) ar forma un tren de  $50 \times 30 = 1500$  tone, cele de al 2-lea de  $25 \times 56 = 1400$  tone. Dar aceste tonaje nu sunt nici-odată atinse.

Suntem departe de cele 3000 de tone americane pe rampă de 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub>.

Dar rămânem totuși într'un foarte mare progres față de tracțiunea cu abur, când putem face pe rampă de 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> tracțiune simplă cu 500 tone remorcate cu o locomotivă electrică de 2000-2200 CP și care poate să nu cântărească mai mult de 100—110 tone. O asemenea locomotivă electrică este mult mai puternică decât cea mai puternică locomotivă cu abur ce avem azi în exploatare. În limitele gabaritului și a greutateii pe osie se pot face locomotive electrice încă și mai puternice, dar din cele două cauze mai sus arătate noi nu putem folosi până la limita ei această remarcabilă proprietate a locomotivei electrice.

Celălalt factor de sporire a capacității de trafic este viteza. Tracțiunea electrică permite viteze năprasnice.

Dar în această privință suntem limitați de rezistența căii. Totuși pentru liniile de munte sporul de viteză pe care ni-l oferă tracțiunea electrică este considerabil.

Sporirea vitezelor degajează graficul mersului permițând intercalarea de noi trenuri, și deci o sporire simțitoare a traficului. Să relevăm însă și aci o mică stânjenire : Asigurarea continuității de exploatare cere, după după cum se arată mai departe, revisii zilnice pe tronsoane scurte, în care timp orice circulație este oprită pe tronsonul respectiv. Această întrerupere ar putea fi cam de o oră. Asta înseamnă că pe grafic să apară o fâșie albă de 1 oră lățime în care nu trebuie să se intercaleze nici un tren.

*Cu toate îngrădirile arătate mai sus, sporul pe care introducerea tracțiunii electrice îl va aduce pe liniile noastre electificate rămâne încă considerabil și va constitui pentru tracțiunea electrică un avantaj necontestat.*

2. *Frânarea prin recuperare* are în practică o valoare mai redusă decât i se acordă teoretic. Mai întâi singurul motor care

ni oferă recuperarea automată, cea mai prețuită, este motorul asincron trifazic.

Motoarele serie ca să recupereze trebuie să își transforme excitația în excitație derivație ; de aci necesitatea unor dispoziții și aparate suplimentare în construcția și echiparea lor. În tracțiunea monofazată, deși atât de răspândită, chestiunea recuperării nu a putut fi încă pusă la punct. În una din cele mai recente și mai importante electrificări monofazate, la Loetschberg, s'a renunțat la recuperare.

În sistemul continuu-tensiune înaltă, americanii au rezolvat problema recuperării în mod cu totul mulțumitor deși oare-cum complicat. Cel puțin așa citim în toate publicațiile relative la marea electrificare a liniei Avery-Harlowton, unde se dau economii de 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> în curentul consumat anul, datorite recuperării.

Poate că nu este de prisos să menționăm că frânarea prin recuperare nu scutește nici de frâna cu aer comprimat, nici de frânarea electrică reostatică, căci recuperarea energiei electrice în motorul devenit generator poate menține trenul la o viteză convenabilă când coboară în pantă, dar nu-l poate opri pe loc.

Apoi mai este ceva: recuperăm energie electrică ca să urcăm cu ea un tren în rampă.

Dar dacă avem pe linie numai trenuri care coboară ? Atunci trimitem această energie în altă parte la alți consumatori trecând în sens invers prin substațiunile rotative sau statice. Deja mult mai puțin folositor fiindcă e mai complicat și mai slab ca randment. Și dacă asemeni consumatori străini de tracțiune nu avem în rețeaua care alimentează numai linia electrificată ? Atunci nu ne rămâne de cât să primim această energie în chiar centrala unde ea devine un mosafir nedorit. Avantajul a devenit desavantaj.

Nu e însă mai puțin adevărat, că pe o linie de oare-care lungime, de îndată ce traficul are oare-care importanță rar se întâmplă ca energia oferită prin recuperare să nu găsească consumație fie în vre-un tren care urcă — și nu e greu să ne aranjăm convenabil în această privință chiar la alcătuirea graficului, fie în manevre prin gări.

În definitiv putem spune că *fără ca să fie atât de miraculoasă cum ar părea la prima vedere, recuperarea rămâne totuși în unele sisteme de electrificare un avantaj real și important al tracțiunii electrice, atât din punct de vedere tehnic cât și economic*

și trebuie prevăzută ori de câte ori avem aface cu o linie de munte cu trafic mare. Este de prisos a o impune pe locomotivele electrice destinate a face servicii pe linii de câmpie, chiar când acestea au într'un punct o rampă foarte mare. Și să nu dăm nici o crezare unora dintre partizanii sistemului monofozat cari afirmă că recuperarea energiei este o jucărie miraculoasă și nefolositoare. Asemenea afirmațiuni trebuie să le privim mai curând ca pledoarie pro domo.

3. *Tracțiunea electrică prezintă ușurință și economie în exploatare.* Iată un adevăr contestat de adversarii tracțiunii electrice, și nu fără oarecare aparență de dreptate.

Să le dăm cuvântul :

„Unde vedeți D-voastră aceste avantaje ale tracțiunii electrice ? Că cere personal mai puțin ? O fi mai puțin, dar de unde să-l scoatem ? N'avem destulă bătae de cap cu formarea mecanicilor ? Să mai formăm acum și mecanici electricieni ? Suprimați alimentările și plăcile învârtitoare ? Cum le suprimați, dacă spuneți că pe aceleași linii electrificate vor mai putea circula la nevoie și locomotive cu abur ? Concedem că locomotiva electrică perde mai puțin timp ca cea cu abur cu punerea sub presiune, curățirea de fine de cursă și alimentările prin stații, dar refuzăm a crede că e capabilă de parcursuri mai mari ca cea cu abur. Pentru ce ? Pentru că se strică ele locomotivele cu abur cu organe mai puține și pe care le cunoaștem de-a fir a păr și nu o să se strice locomotivele electrice, mult mai complicate ? O să înfunde toate, atelierele de reparație. Atelierele ! iată neajunsul cel mai mare. Ateliere electrice ne trebuiesc acum ? Nu avem destulă bătae de cap cu cele actuale ? Alte mașini, alte scule, alte categorii de lucrătorii cu totul speciali și o întreagă muncă nouă de organizat și de condus. Și cât vor costa aceste reparații de o natură atât de deosebită de a celorlalte ?

Hotărât lucru, tracțiunea electrică nu va fi nici mai ieftină și nici mai ușoară din punctul de vedere al exploatării, ca cea cu abur.”

La aceste argumente, analiza imparțială și obiectivă răspunde următoarele :

Conducerea unei locomotive electrice este o operație mai ușoară de cât a unui tramvaiu electric, așa că formarea personalului de vatmani, nu trebuie să ne preocupe. Cât despre formarea personalului de revisii și reparații în ateliere, ea este de sigur o

problemă plină de negre prevestiri, dacă nu luăm din vreme măsură pentru rezolvarea ei. Dacă însă, din cea dintâi zi când Statul va hotărî electrificarea primei sale linii ferate, va trimite în strălătat, atât în exploatări similare, cât și în fabricile care vor construi locomotivele și motoarele lor, un număr de monteurii electri-cieni harnici și pricepuți, din care orice s'ar crede avem destui la noi în țară, în scopul de a face acolo un serviciu de 2—3 ani, și dacă le va mai și asigura acestor oameni existența pe care astăzi nu o asigură funcționarilor săi, atunci ușor își va forma un nucleu cu care prima electrificare va funcționa mulțumitor, și care va servi de școală pentru alte exploatări ce vor urma.

Metoda s'a aplicat în proporție ceva mai redusă la alte exploatări electrice și a dat rezultate foarte bune.

Alimentările, plăcile învârtitoare și alte instalațiuni pe care le necesită locomotiva cu abur nu se suprimă. Economia anunțată nu va rezulta din suprimarea lor, ci din neîntrebuințarea lor, și economie nu se poate să nu fie.

În ce privește defectuositatea care se presupune că ar fi mai mare la locomotiva electrică ca la cea cu abur, aceasta este numai o presupunere. De sigur că organismul unei locomotive electrice e mai complicat ca al locomotivei cu abur. Dar în schimb conducerea locomotivei electrice este atât de simplă și motorul electric împreună cu toate aparatele sale accesorii sunt atât de bine apărute de orice neîndemănare a wattmanului conducător ceea ce nu se întâmplă cu focarul și cu țevile locomotivei cu abur, în cât nu e nici un motiv a afirma că locomotiva electrică este mai puțin robustă ca cea cu abur.

Apoi uzura pe care o produce curentul electric în motor și aparate este mai mică de cât uzura pe care focul și aburul o produc în locomotiva cu abur. Pornitorul (controlorul) și cu arcul de curent sunt de sigur organele locomotivei electrice cele mai supuse la defectări și la uzură, dar ele sunt astfel construite că înlocuirea piesei defecte să se facă repede și ușor și să nu uităm că pe fiecare locomotivă electrică avem 2 pornitoare și 2 arcuri de curent și că sunt rare defectele care să scoată cu totul din uz un pornitor.

De sigur că nu se poate concepe o exploatare electrică de cale ferată fără un atelier de reparații bine organizat, dar organizarea unui asemenea atelier nu trebuie să ne sperie. În cea mai

mare parte vom întâlni în acest atelier aceleași mașini-unelte și aceeași meseriași ca și într'un atelier de mașini cu abur.

Specială este numai operația bobinărilor și montajul părții electrice. Evident că acestea constituiesc operații foarte speciale, care cer experiență și cunoștințe sigure, dar acest personal de specialiști se reduce nu mai la un număr relativ mic.

Așa că problema atelierelor electrice nu va constitui o problemă mult deosebită de aceea a actualelor ateliere C. F. R., cu atât mai mult cu cât Căile Ferate posedă încă de multă vreme tot felul de instalațiuni electrice de forță, de lumină, de semnalizare, posedă centrale electrice și chiar și ateliere electrice, cu tot personalul lor de specialiști.

Pentru toate aceste motive credem că sugestiunile și temerile arătate mai sus sunt nejustifi ate.

Multe din acușățiunile aduse tracțiunii electrice de adversarii ei își vor găsi însă o confirmare în primul an de exploatare electrică.

Vor fi atunci defectări și accidente pe linie, pe locomotive și chiar în centrale și poate nu odată vom vedea reapărând locomotiva cu abur pe linia electrificată.

Recriminările nu vor lipsi și nu vor lipsi nici aceia care să proclame sus și tare greș-ala făcută prin electrificarea liniei. Dar acestea sunt greutăți inerente ori căruia început și dacă ar fi ca ele să se oprească în loc atunci nici un progres nu ar mai fi posibil. Așemini neajunsuri au survenit în toate electrificările făcute în trecut în alte țări, mult mai puțin în electrificările recente, și vor fi și mai puține în cele viitoare. Și întotdeauna au fost repede învinse. Așa va fi și la noi.

Vom observa ca factorul care ne va aduce cele mai multe neajunsuri va fi ca întotdeauna clima țării noastre atât de diferită de a țărilor din apusul Europei, de unde ne culegem cele mai adesea învățăturile.

Inginerii noștri cari vor fi chemați în viitor să înfăptuiască electrificarea unora din liniile noastre ferate, vor trebui să ție seama de acest factor atât în instalațiile liniei cât și în amenajarea uzinelor hidroelectrice.

Un exemplu luat din experiență ilustrează destul de bine acest lucru. Este îndeobște admis încă de multă vreme de toate fabricile care construiesc vagoane de tranvai electric că cutiile de rezistență se pun sub vagon la o înălțime suficientă de la pământ. Așa au fost construite și primele vagoane ale Soc. de Tramvay



din București. La câteva zile după începerea exploatării, în Decembrie 1913, a venit după o zăpadă mare un desgheț brusc, cutiile au început să ia apă și în câteva ore aproape trei sferturi din vagoane au eșit din circulație. Lapovița a dispărut repede, cutiile s'au uscat, dar întâmplarea a arătat că pentru țara noastră cutiile de rezistență nu trebuiesc montate sub vagon, ci pe vagon. De sigur că nu s'a gândit nimeni să conchidă de aci că pentru clima Bucureștiului tracțiunea cu cai la tramvae este superioară celei electrice, pentru că calul înnoată mai bine în lapoviță decât cutiile de rezistență electrice.

În rezumat:

*Ușurința pe care o aduce în exploatare locomotiva electrică care are un serviciu mult mai simplu ca cea cu abur, nu se poate contesta, și iarăși nu se poate contesta, ci din această ușurință trebuie să rezulte și oare-care economie în capitolul cheltuelilor de exploatare, chiar dacă cheltuelile de reparație ale locomotivei electrice în ateliere, nu vor fi mai mici decât acele ale locomotivei cu abur.*

Toate exploatările electrice înfăptuite până azi în alte țări, confirmă acest adevăr.

4) În privința *reducerii numărului de mecanici și fochiști*, observăm că de și un singur manipulant este suficient pentru conducerea unei locomotive electrice, totuși pentru siguranță foarte multe administrații pun tot 2 oameni pe locomotivă. Rămâne totuși economia de personal ce rezultă din suprimarea echipelor care pregătesc locomotiva cu abur înainte de pornire, sau o iau în primire după terminarea cursei.

5) Un avantaj care se exagerează la tracțiunea electrică, de și el se ilustrează prin exemplul construcției liniei Lötschbergului din Elveția, este *acel al economiei ce rezultă în construcția unei linii noi prin adoptarea tracțiunii electrice*, economie care este în special mare la liniile grele de munte. Cred că mai ales la noi în țară nu va trebui să se construiască o linie nouă așa fel ca să excludă de pe ea traficul cu abur, sau să-l reducă la o valoare insignifiantă, afară numai dacă nu este o linie fără nici o importanță din punct de vedere strategic și al traficului; dar tocmai asemenea linii nu se electrifică.

Motivul pentru aceasta sunt: cazurile de războiu și de greve. Pantele de sigur se vor alege ceva mai mari decât dacă s'ar a-

dopta tracțiunea cu abur, dar în nici un caz prea mari, iar instalațiile de alimentare ale locomotivei cu abur reduse la cea mai simplă expresie, încă trebuiesc prevăzute. Dar în cele mai multe cazuri și considerarea capacității de trafic a noii linii de munte în raport cu linii de câmpie pe care le leagă, ne va arăta că nu trebuie să mergem prea departe cu sporirea declivităților pe noua linie electrică ce construim, și aceasta cu atât mai mult cu cât este mai bine a se evita și în tracțiunea electrică dubla tracțiune, deși cu locomotivele electrice ea se poate face mai avantajos decât cu cele cu abur.

Asupra defectelor, trebuie să relevăm că ele sunt mult mai puțin importante decât le arată numai anunțul lor. În adevăr:

1) Chestiunea costului de primă instalație trebuie privită în totdeauna în legătură cu rentabilitatea electricității dar și cu posibilitățile pe care le are Statul, de-a angaja un capital mare chiar într-o afacere foarte rentabilă.

2) Accidente care să scoată din funcțiune o întreagă centrală electrică, sunt cu totul rare, și dacă linia electrificată mai este și alimentată de mai multe centrale cu rezerve bine socotite, acest pericol dispare cu totul.

3) Exploatările existente arată că dacă se fac revizii zilnice ale liniei aeriene, împărțite în tronsoane scurte, se poate asigura aceeași siguranță a continuității de exploatare ca și în tracțiunea cu abur.

4) În sistemul curentului continuu se poate spune că nu există perturbări în liniile telefonice și telegrafice, iar în sistemele cu curent alternativ ele se pot complect înlătura, dar cu mare cheltuială. Deci acest punct nu constituie nici un dezavantaj nou ci este numai agravarea celui semnalat la No. 1.

5) În ce privește chestiunea mobilității de trafic, care se pune mai ales în timpul războiului, observăm că locomotivele cu abur vor putea ori-când circula pe liniile electrificate care își conservă instalațiile speciale ale tracțiunii cu abur, și că toate liniile luate în considerare pentru electrificare până într'un viitor foarte îndepărtat, reprezintă abia o cincime din lungimea întregii rețele de cale ferate a țării și nu sunt concentrate într-o singură regiune, ci răspândite în diferite părți ale țării. Dacă pe vreuna din aceste linii tracțiunea electrică va fi scoasă din uz, cum s'ar putea în-

tâmpla în caz de războiu, vor rămâne totuși destule locomotive cu abur pe patru cincimi din rețeaua țării, pentru a suplanta și pe această linie lipsa locomotivelor electrice, care nu vor mai putea circula.

### III

#### **Criterii pentru stabilirea unui program de electrificare pe rețeaua C. F. R.**

Din cele spuse în capitolul precedent asupra proprietăților tracțiunii electrice, rezultă că elementele principale ce trebuiesc avute în vedere la stabilirea unui program de electrificare, sunt următoarele :

1) Principiile unei bune politici a izvoarelor de energie din țară.

2) Traficul liniei.

3) Declivitatea liniei.

4) Condițiunile de producere ale energiei electrice.

5) Starea în care se găsește linia propusă la electrificare.

În afară de acestea mai trebuie să ținem seamă de următoarele împrejurări :

a) Modificarea caracterului unei linii prin construcția în viitor a altor artere în legătură cu ea.

b) Prezența tunelelor lungi.

c) Strangularea capacității de trafic a unei linii lungi și ușoare, prin prezența într'un singur punct a unei mici porțiuni foarte grele, adică cu declivități foarte mari.

Dintre cele 5 elemente principale de la început, traficul, declivitatea și condițiile de producere ale energiei se contopesc într'o singură condiție, aceea a rentabilității electrificării exprimată prin formula traficului critic.

Dacă principiile unei bune politici a izvoarelor de energie ne îndeamnă să electrificăm întreaga rețea de căi ferate, așoi condițiile de rentabilitate ne impun o limită, dincolo de care tracțiunea electrică va reveni mai scump ca cea cu abur. Economisirea surselor epuizabile de energie ar cere în special o utilizare integrală a energiei căderilor de apă. Dar nu ori-ce cădere de apă comportă

o transformare economică într-o uzină hidroelectrică. Și crearea unui mijloc de transport prea scump pe calea ferată ar fi păgubi-toare pentru economia generală a țării, precum impunerea neapă-rată a unei energii prea scumpe pentru diverse industrii, le-ar îm-piedica de a se desvolta și a susține concurența străinătății.

Chestiunea rentabilității și a continuității de serviciu sunt 2 chestiuni dificile, care trebuiesc examinate cu cea mai mare băgare de seamă când se proiectează asemenea centrale. Capitalul de primă instalație este acela care decide aproape singur de costul KW-oră în asemenea centrale. De aceea cine ar fi construit înainte de răș-boiu o centrală hidroelectrică la noi în țară, ar fi avut azi în mână cea mai strălucită afacere, căci nici scumpirea combustibilului și aproape nici scumpirea mânei de lucru nu l-ar fi atins. Astăzi însă instabilitatea prețurilor în persistenta lor tendință de urcare, este dușmanul cel mai mare al amenajării căderilor de apă în centrale hidroelectrice. Și aceasta cu atât mai mult cu cât construcția unei asemenea centrale este sortită în totdeauna la o durată de câțiva ani, din cauza naturei speciale a lucrărilor pe care le comportă.

Cât despre asigurarea continuității de serviciu, dacă această problemă se pune în Italia și în Franța, cu mai multă tărie trebuie să se pue la noi unde râurile au un regim mai instabil ca acolo. Lipsa unui serviciu al măsurilor sistematice și regulate ale debitelor râurilor din vechiul regat agravează încă acest neajuns.

Menționez în treacăt că un foarte bun corectiv atât contra factorului de nesiguranță pe care îl introduce inconstanța prețurilor cât mai ales contra variației prea mari a debitelor râurilor noastre, este construirea și exploatarea în paralel cu centrala hidroelec-trică, a unei centrale termoelectrice de producere ieftină a energiei cum sunt acele care utilizează un combustibil slab chiar la locul de extracție. Chestiunea a mai fost relevată și de alții.<sup>1)</sup>

Acestea sunt cauzele care frânează oare-cum dorința ce o avem cu toții de a vedea utilizat cât mai curând cărbunele alb al țării.

În mod indirect ele condiționează în același sens și electrifi-carea căilor ferate.

Din cele expuse mai sus, se vede că a impune electrificarea

---

A se vedea *Problema Energiei* de I. Ștefănescu-Radu, Buletinul AGIR No. 7—9, anul 1992.

unei linii numai ca un corolar al oportunității de a se stabili într-o anumite regiune o centrală hidroelectrică, poate fi o greșeală din punct de vedere al unei bune politici economice a transporturilor pe calea ferată.

*Este atunci de neapărată nevoie să studiem rentabilitatea electrificării, calculând atât traficul critic cât și traficul real al liniei.* Aceasta este prima operație ce se impune să facem când abordăm problema electrificării unei linii.

Firește, rezultatul nu trebuie luat în mod brut, așa cum ni-l dau cifrele, ci trebuie ținut seama de toți ceilalți factori indicați la începutul acestui capitol.

Trebuie ținut seama că chiar dacă momentan rentabilitatea nu este asigurată, ea poate veni într'un viitor apropiat prin sporirea traficului. Adese-ori însăși electrificarea poate contribui la sporirea traficului. În acest caz electrificarea se impune chiar dacă traficul real al liniei este sub cel critic, fără însă ca să fie prea departe.

În același sens trebuie să se ție seama că artere noi, proiectate a fi construite în viitor, pot schimba complet caracterul unei linii luată în considerare pentru electrificare.

În fine chiar dacă calculul rentabilității ne arată că exploatarea electrică ar reveni ceva mai scump decât cea cu abur, nu trebuie să ezităm a ne pronunța pentru ea, dacă grație ei putem pune în valoare una din sursele de energie inepuizabilă ale țării prin crearea unei avantajoase uzini hidroelectrice. Proporția acestei depășiri nu se poate fixa într-o regulă imuabilă, ci trebuie apreciată de la caz la caz.

La unele linii cu trafic de persoane foarte intens, poate intra în balanță și surplusul de confort și de viteză pe care îl oferă tracțiunea electrică, pentru a precumpăni mici inferiorități de rentabilitate ale tracțiunii electrice. Când o asemenea linie are un tunel foarte lung și în rampă mare, electrificarea se poate impune chiar indiferent de rentabilitatea ei. Este singurul caz când este permis a face abstracție de rentabilitatea operației.

Din toate cele spuse mai rezultă că e indispensabil să facem un calcul de rentabilitate după normele arătate, ori de câte ori abordăm problema electrificării unei linii ferate.

Când însă este vorba de stabilit un program de electrificare, e necesar să putem stabili un criteriu unic de comparare a renta-

bilității electrificării liniilor luate în considerare. Intrebuințarea formulei traficului critic, așa cum a fost definit mai sus, nu răspunde bine acestui scop. Problema se tratează mult mai simplu din acest punct de vedere, și e și mult mai ușor de abordat cu datele statistice ce le avem la îndemână, dacă se introduce noțiunea de lungime virtuală, și trafic critic virtual.

### **Lungime virtuală și trafic virtual. Aplicarea specială a acestor noțiuni la electrificarea căilor noastre ferate.**

Se obișnuiește a se defini lungimea virtuală a unei linii ca lungimea pe care ar trebui să o aibă acea linie presupusă în întregime în palier, pentru ca o tonă transportată cu aceeași viteză, să consume aceeași cantitate de energie (cărbone sau KW-ore) ca și pe linia reală. Traficul virtual va fi atunci suma produselor tonajelor transportate, cu lungimea virtuală.

Introducerea noțiunii de trafic virtual și deci de trafic critic virtual ne scutește pe de o parte de a cerceta cum variază consumația de cărbune cu declivitatea, la locomotiva cu abur, dată afectată în totdeauna de oare-care incertitudine, — și de altă parte, realizând proporționalitatea între consumația de energie și trafic, — trafic virtual bine înțeles, — permite calcularea unui *trafic critic virtual unic pentru toate liniile*, ceea-ce este foarte avantajos când este vorba să facem un studiu de comparație tinzând la stabilirea unei *ordine de precădere a liniilor propuse la electrificare*.

Dar pentru ca să putem întrebuința lungimile și traficurile virtuale, așa cum s'au definit mai sus, este necesar să cunoaștem consumația de cărbune a locomotivelor în palier și să mai cunoaștem și cheltuelile de tracțiune reduse la palier. Or, măsuri speciale de consumație de combustibil în palier, făcute pe un mare număr de locomotive, nu avem, și chiar dacă le-am avea, nu ar trebui să le privim decât ca o indicație, din cauză că asemenea măsuri se fac obicinuît în condiții de atenție și de pregătire care sunt departe de a se întâlni în exploatarea curentă. Ne-am putea adresa datelor similare culese de prin publicațiunile altor administrații de căi ferate. Acest procedeu de importare și adaptare este puțin recomandabil, pentru 2 motive:

1) Pentru că în regulă generală când se dau publicității ase-

menea date nu se dau toate informațiile și toate elementele care să ne permită a le aprecia în justa lor valoare.

2) Condițiunile de exploatare se poate să nu fie aceleași ca la noi în țară (alte tipuri de locomotive, alte organizații, alte randamente ale acestor organizații etc.).

Singura sursă la care ne putem adresa sunt datele statistice publicate de căile noastre ferate în anii dinainte de război. Găsim acolo date precise și mai ales *reale* atât pentru consumația de combustibil a locomotivelor cu abur pe tonă-kilometru-brută transportată cât și pentru toate cheltuelile de tracțiune, fie pe locomotivă fie pe tonă-kilometru. Aceste date sunt obținute din *toate toanele transportate* într'un an pe întreaga rețea, și din *toate cheltuelile* făcute cu *toate locomotivele* în serviciu în timpul unui an. În acest sens ele sunt niște cifre medii care se raportează nu vre-unui tip anumit de locomotivă, ci la *o locomotivă medie* și la *o rampă medie* din punct de vedere al tracțiunii pentru întreaga rețea a vechiului regat.

Dar dacă este vorba ne ocupăm nu de o singură linie, ci să obținem un termen de comparație pentru o serie întreagă de linii, tocmai de aceste cifre pe declivități medii și pe locomotive medii avem nevoie.

Am definit mai sus lungimea virtuală și traficul virtual prin reducerea liniei la palier. Nimic nu ne împiedică însă să definim lungimea virtuală a unei linii ca fiind lungimea pe care ar trebui să o aibă linia *presupusă a avea o rampă unică și constantă în ambele sensuri* pentru ca consumația de energie să fie aceeași ca pe linia reală.

*Vom lua ca rampă unică și constantă tocmai rampa medie din punct de vedere al tracțiunii a liniilor din vechiul regat la care se raportează toate datele din statistica C. F. R.*

În acest mod special, și impus de natura datelor ce putem avea la îndemână, vom defini în tot ce urmează atât lungimea virtuală cât și traficul virtual. Făcând așa, termenii  $c$ ,  $p$  și  $A$  din formula traficului critic virtual îi vom putea lua din datele statistice ale căilor ferate și îi vom putea introduce fără nici o transformare și fără nici o discuție în această formulă. Singura dificultate este calcularea rampei sau rezistenței medii din punct de vedere al tracțiunii pentru toate liniile din vechiul regat. Dacă însemnăm cu  $l$  lun-

gimile de linie având aceeași declivitate, cu  $\pm r$  declivitățile exprimate în procente la mie, cu  $r_c$  rezistența în kgr a curbelor, cu  $l_c$  lungimea curbelor și cu  $L_R$  lungimea totală a liniilor din vechiul regat în 1915, formula acestei rezistențe medii este:

$$r_{\text{ medie }} = \frac{\Sigma (\pm l r) + 2 \Sigma (l_c r_c)}{2 L_R}$$

unde termenii  $\pm l r$  se limitează la panta începând de la care trenul începe să coboare singur și care este, cum vom vedea,  $2,5^0/00$ . Toate pantele mai mari se înlocuiesc cu această pantă limită de  $2,5^0/00$ .

Făcând calculul cu un mare număr de linii alese convenabil am găsit că această rezistență medie este de circa  $0,5^0/00$ .

Introducând această rampă în expresia lungimii virtuale, formula lungimii virtuale devine, cu notațiile de mai sus, și însemnând cu  $\lambda$  lungimea virtuală și cu  $r_0$  rezistența de mers în palier (frecări și vânt):

$$2 \lambda (r_0 + 0,5) = 2 L r_0 + \Sigma (\pm l r) + 2 \Sigma l_c r_c.$$

În această formulă termenul  $\Sigma (\pm l r)$  trebuie calculat pentru ambele sensuri de parcurs ale liniei.

Procedând în acest mod, facem implicit ipoteza că traficul este același în ambele sensuri. Nu am avut date speciale asupra traficului fie-cărei linii ca să putem ști cum se repartizează acest trafic în ambele sensuri. Dacă am avea aceste date, am calcula separat lungimile virtuale în ambele sensuri de parcurs printr-o formulă identică cu cea de mai sus, mai puțin factorul 2, iar traficul virtual total al liniei ar fi suma a 2 termeni, cari ar reprezenta unul traficul virtual într'un sens, celălalt traficul virtual în sens contrar. Dar în cazul special al liniilor luate în considerare, este cu totul inutil a cunoaște această repartiție a traficului în cele 2 sensuri și ipoteza că el se împarte în mod egal ne conduce la rezultate foarte exacte. Aceasta pentru 2 motive.

1) Pentru că aproape toate liniile propuse la electrificare sunt linii ce leagă Ardealul cu vechiul regat, străbătând Carpații, și schimbul de mărfuri credem că este cam același în ambele direcții.

2) Chiar dacă nu ar fi așa, și traficul ar fi mai mare într'un sens decât în celalt, aceasta încă nu ar schimba rezultatul, căci



aproape toate liniile grele cu declivități mari sunt linii care în ambele sensuri pleacă din câmpie, urcă culmea Carpaților pentru ca apoi să coboare iarăși în câmpie. În aceste condițiuni lungimea virtuală este aproape aceeași în ambele sensuri și atunci repartitia traficului poate fi ori-cum și traficul virtual total rămâne același. Acele dintre linii care nu sunt în aceste condiții, sunt linii de câmpie (precum București-Ploiești, București-Pitești, Teiuș-Simeria, Bacău-Piatra, Teiuș-Cluj), și pentru acestea repartitia traficului mai nu intervine, pentru că lungimile virtuale sunt în ambele sensuri aproape riguros egale cu lungimile reale. Pentru o singură linie din cele considerate s'ar pune chestiunea repartizării traficului: pentru linia Simeria-Petroșani; dar trebuie să observăm și aci că atunci când se va construi porțiunea de linie Bumbesti-Livezeni, ale cărei studii sunt în curs, și această linie de munte va intra în categoria celorlalte.

### Câteva precisări asupra modului de calcul al lungimilor virtuale a liniilor considerate.

1) Rezistența totală (frecări și vânt) de mers în palier pe tonă purtată s'a calculat cu formulele lui *Frank* și *Strahl*, pentru osii purtate (Deutscher Kalender für Elektrotechniker de Uppenberg, ediția 1922 pag. 418 și Hütte III pag. 718):

$$\text{Pentru trenuri de persoane și accelerate: } r = 2,5 + \frac{1}{30} \left( \frac{V_p}{10} \right)^2$$

$$\text{Pentru trenuri de marfă: } r = 2,5 + \frac{1}{20} \left( \frac{V_m}{10} \right)^2$$

2) Rezistența în curbe s'a calculat cu formula lui *Röckl* care dă rezistența globală pe tonă de tren indiferent de diametrul roților și de distanța osiilor (Deutscher Kalender, ediția 1922, pag. 418).

$$r_c = \frac{650}{R - 55}$$

3) Formula rezistenței de mers în palier ne arată că această rezistență variază în oare care limite — nu prea mari — cu viteza trenului. Ce valori s'au luat pentru aceste viteze? Viteza trenului variază după categoria de tren (marfă, persoane sau accelerate), după declivitatea liniei, și în fine este mai mare în tracțiunea elec-

trică decât în cea cu abur. De primele 2 considerațiuni s'a ținut seama, de ultima nu s'a ținut.

Faptul că am putut ușor aprecia în mod distinct traficul de călători de cel de marfă, ne-a permis a calcula separat și lungimile virtuale și traficul virtual pentru marfă și pentru persoane în-  
trebuințând pentru rezistența  $r_0$  cele două formule distincte date de Frank și Strahl, și calculând vitezele  $V_p$  și  $V_m$  după vitezele reale de parcurs, luate pentru fiecare linie din mersul trenurilor pentru marfă și persoane (ediția C. F. R., valabile de la 1 Iunie 1922).

Nu am ținut seamă de diferența de viteză de la tracțiunea cu abur la cea electrică, căci aceasta ne-ar fi condus la lungimi virtuale diferite și deci și la traficuri virtuale diferite în cele 2 feluri de tracțiune, la același trafic real, ceea-ce ar fi complicat considerabil problema. Am presupus pentru calculul traficului virtual critic, că vitezele în ambele tracțiuni ar fi aceleași și egale cu vitezele actuale din tracțiunea cu abur.

Când facem asemenea simplificări este bine să știm în ce sens greșim.

Formula lungimii virtuale arată că dacă am introduce vitezele mai mari din tracțiunea electrică, am obține o lungime virtuală mai mică dacă linia are o rezistență medie mai mare de 0,5 kgr., și o lungime virtuală mai mare dacă linia are rezistență medie mai mică decât 0,5 kgr. La același trafic real vom avea în primul caz în tracțiunea electrică un trafic virtual ceva mai mic decât în cea cu abur, deci vom avea și o micșorare a cheltuelilor de exploatare evaluate pe trafic virtual, și invers în cazul de al doilea.

Deci făcând aproximația arătată mai sus, greșim puțin în avantajul tracțiunii cu abur în cazul liniilor care au o rezistență sau o declivitate medie (din rampe și curbe) mai mare de 0,5‰ și greșim puțin în avantajul tracțiunii electrice pentru liniile cu o rezistență medie mai mică ca 0,5‰.

4) Declivitățile liniilor și curbele s'au luat după profilele în lung ale liniilor, care ne-au fost puse la dispoziție parte de Direcțiunea specială de Tracțiune, parte de Direcțiunea specială a Intretinerii C. F. R. Cu datele culese din aceste profile s'au calculat pentru fiecare linie termenii  $\Sigma \pm l r$  și  $\Sigma l_0 r_0$ .

În calculul termenilor  $\Sigma (-l r)$  s'a avut în vedere că de la panta  $-r = -r_0$  trenul coboară prin propria sa greutate

fără a mai cere nici o consumație de combustibil sau de curent electric. În realitate avem și în acest caz o mică consumație, la locomotiva cu abur din cauză că grătarul trebuie ușor alimentat cu combustibil pentru ca locomotiva să nu se răcească, la locomotiva electrică din cauza consumației de mers în gol a transformatorilor din stațiune și eventual și de pe locomotivă; prima mult mai importantă decât cea de a doua. Dacă locomotiva electrică recuperează atunci ea nu numai că nu consumă, dar chiar produce energie în pantele  $> r_0$ , și atunci termenii  $-lr$  ar intra în formulă cu valoarea lor negativă, dar nu întreagă ci redusă simțitor, dat fiind că randamentul recuperării este mult mai redus decât al mersului normal. Dar nu vom ține seama de recuperare în calculul lungimilor și tonajelor virtuale.

Dar, chiar neținând seamă de recuperare, consumația de combustibil pe care o cere locomotiva cu abur pentru menținerea presiunii în pante mai mari ca  $r_0$  este o cantitate ce nu se poate neglija, pe când consumația de curent a transformatorilor în gol în tracțiunea electrică este, în cele mai multe cazuri, cu totul neglijabilă. Inginerii italieni o echivalează pe prima la o consumație echivalentă cu cea pe care ar cere-o o rezistență de 1 kgr. pe tonă de tren. Noi pentru a fi în condiții medii între cazul tracțiunii cu abur și cazul tracțiunii electrice, ceea ce credem că este mai judicios pentru comparația ce ne interesează, vom lua numai  $\frac{1}{2}$  kgr. pe tonă de tren.

Revine atunci a înlocui în formarea termenului  $\Sigma - lr$  toate pantele mai mari ca  $r_0 - 0,5$  cu panta  $r_0 - 0,5$ ,

Și calculul făcut în acest fel îl aplicăm indiferent dacă avem tracțiune cu abur sau tracțiune electrică.

Un singur punct mai rămâne de lămurit: ce valoare se ia pentru rezistența  $r_0$  de mai sus? Exact ar fi să luăm valoarea  $r_0$  calculată cu formulele arătate la No. 1 și luând pentru  $V_p$  și  $V_m$  vitezele ce rezultă pentru fie-care linie. Ar fi prea complicat și e inutil ca într-o problemă care prin natura ei nu oferă o mare rigurozitate, să împingem prea departe pretenția de exactitate.

De aceea în calculul termenilor  $\Sigma - lr$ , am luat pentru valoarea  $r_0$ , care limitează panta, o valoare medie calculată în modul următor;

S'a calculat mai întâi pentru toate liniile considerate vitezele

medii pentru trenurile de marfă, de persoane și accelerate (trenuri mixte nu avem pe liniile considerate) și s'a găsit:

Pentru marfă	20	km./oră
„ persoane	33	„
„ accelerate	40	„

Ținându-se apoi seamă de No. de km. de locomotive parcurși în aceste 3 feluri de trafic, luați din statistica generală, și de aceste viteze, s'a calculat o viteză medie generală pentru toate aceste 3 feluri de trafic și s'a găsit 30 km/oră. Introducând în formula medie:

$$2,5 + \frac{1}{25} \left( \frac{V}{10} \right)^2$$

s'a găsit rotund 3 kgr.

Atunci în calculul termenului  $\Sigma \pm lr$  toate pantele mai mari de  $2,5^0_{00}$  se vor înlocui cu panta de  $2,5^0_{00}$ .

5) Cu notațiunile arătate mai sus și cu explicațiile date la punctele precedente, formulele cu care s'au calculat lungimile virtuale înscrise în tabloul recapitulativ sunt:

$$\lambda_p = \frac{2L \left[ 2,5 + \frac{1}{30} \left( \frac{V_p}{10} \right)^2 \right] + \Sigma (\pm lr) + 2 \Sigma l_e r_e}{2 \left[ 2,5 + \frac{1}{30} \left( \frac{V_p}{10} \right)^2 + 0,5 \right]}$$

$$\lambda_m = \frac{2L \left[ 2,5 + \frac{1}{20} \left( \frac{V_m}{10} \right)^2 \right] + \Sigma (\pm lr) + 2 \Sigma l_e r_e}{2 \left[ 2,5 + \frac{1}{20} \left( \frac{V_m}{10} \right)^2 + 0,5 \right]}$$

#### IV

### Calculul densității critice de trafic virtual pentru electrificare pe rețeaua C. F. R.

Formula densității critice de trafic virtual este tot:

$$\frac{M}{L} = \frac{d \times N}{Cp + A - bq}$$

în care M este traficul virtual anual al liniei exprimat în tone ki-

lometri brute transportate virtuale, iar termenii C, b și A sunt raportați tot la tonele-kilometri brute virtuale.

Când ne propunem a calcula pe baza acestei formule o densitate de trafic critic virtual unică pentru toate liniile considerate, înțelegem implicit că introducem în formula de mai sus un cost unic de primă instalație, precum și un cost unic de cumpărare al KW-oră, indiferent de linie. Sunt aceste ipoteze verosimile ?

Prima supoziție, aceea a costului unic de instalație, este foarte aproape de adevăr. Variațiile pe care le aduce dezvoltarea diferită a stațiilor, nu pot fi prea importante, dat fiind că liniile sunt cam de aceeași importanță și cam cu aceleași categorii de stații, iar variațiile costului după cum linia este de munte sau de câmpie, sau după cum linia are trafic mai mare sau mai mic, sunt și ele de mică importanță. Singură electrificarea stației București trebuie privită separat.

A doua supoziție, cea a costului unic de producere a energiei, se poate face și ea fără nici un inconvenient, pentru următoarele motive: Toate centralele ce presupunem că se vor construi pentru electrificări de căi ferate, sunt sau centrale hidroelectrice sau centrale termoelectrice de mare rentabilitate. Toate aceste centrale, indiferent de locul unde se vor construi, vor fi aproximativ oam de același rentabilitate.

Dacă ele vor fi și sindicalizate pe un singur sistem de bare regionale, prețul va fi riguros același pentru toate liniile regiunii, și independent de locul de furnizare al energiei, adică de depărtarea substațiilor, căci în regulă generală centralele își calculează prețuri medii pe care le aplică la toți abonații, indiferent de depărtarea lor. Numai în cazul când energia s'ar cumpăra la centrală, sau când Statul ar construi și exploata el singur centralele producătoare de energie, numai în acest caz costul transportului de forță pe lungime variabilă, ar aduce o variație după distanță a costului energiei la substațiuni sau pe locomotivă,

În acest caz nu ne rămâne decât numai să știm în ce sens greșim, față de costul mediu ce-l vom determina mai jos, adică vom ști că energia va reveni mai ieftin la liniile din apropierea centralelor, adică la liniile de deal și de munte și că va reveni mai scump la liniile depărtate de centrele de producere ale energiei, care sunt cele mai adesea liniile de câmpie.

\* \* \*

Pentru calcularea densității critice de trafic virtual este nevoie să apreciem fie-care din elementele care intră în formula traficului critic. Acestea sunt:

- 1) Costul de primă instalație al electrificării.
- 2) Costul combustibilului la locomotiva cu abur.
- 3) Costul de producere al energiei electrice.
- 4) Cheltuielile de tracțiune în ambele cazuri.

Avem deci de evaluat o serie de prețuri.

Constanța prețurilor pe de o parte, datele statistice ce publica Direcțiunea Generală C. F. R. înainte de războiu, de altă parte, ne permit a stabili aceste prețuri cu destulă exactitate pentru epoca imediat dinaintea războiului (1910—1915).

Este foarte greu a se face aceeași evaluare acum după războiu, mai întâi din cauza fluctuației prețurilor, și al doilea și mai ales, din cauză că ne lipsesc datele statistice care nu s'au mai publicat după războiu.

Se obișnuiește în asemenea cazuri a se face calculele pentru situația dinainte de războiu, pentru a avea o bază sigură de calcul, făcută odată pentru totdeauna, și apoi a se aplica coeficienți de scumpete fie-cărei categorii de prețuri, coeficienți de scumpete cari pot varia de la an la an și chiar de la lună la lună.

Așa vom face și noi.

Să evaluăm pe rând fie-care din termeni,  $c$ ,  $p$ ,  $b$ ,  $q$  și  $A$ .

### **Consumația de combustibil pe tonă-kilometru brută transportată virtuală în locomotiva cu abur.**

În anii dinainte de războiu combustibilul cel mai întrebuințat la locomotive în proporție de peste 60% era păcura; în al doilea rând venea lignitul din țară (circa 20%) și în cantitate foarte mică lemnele și cărbunii străini.

După statisticele C. F. R. publicate pentru anii 1910—1915 am înscris în tabloul de mai jos consumațiile de combustibil, transformate după echivalentul lor calorific în tone de Cardiff :

Anul	Combustib. consumat, în Cardiff, în tone	Tone kilo- metri-brute transportate	Kgr. de Cardiff pe tonă-km-br.- transp.	Costul pă- curei în lei pe kgr.
1910—11	335510	4452 mil.	0,075 kgr.	0,0345 lei
1911—12	384213	4981 „	0,077 „	0,03554 „
1912—13	420350	5046 „	0,083 „	0,03345 „
1913—14	448921	4873 „	0,092 „	0,03255 „
1914—15	452077	4550 „	0,097 „	0,03556 „
Media .			0,085 kgr.	0,0343 lei

Cu coeficientul de transformare de 1,333 al păcurei în Cardiff, cele 0,085 kgr. de Cardiff ne reprezintă în păcură :

$$\frac{0,085}{1,333} = 0,0635 \text{ kgr.}$$

Cu prețul mediu de 0,0343 lei, aceasta face 0,22 bani pe o sută de tone-km-brute-transportate. Cu coeficientul de transformare de 0,35 al lignitului de Dâmbovița în Cardiff, cele 0,085 kgr. de Cardiff ne-ar reprezenta în lignit de Dâmbovița :

$$\frac{0,085}{0,35} = 0,24 \text{ kgr,}$$

Cu prețul mediu pe aceeași 5 ani ai lignitului de Dâmbovița care s'a găsit a fi de 0,011 lei/kgr., aceasta face 0,26 bani pe sută de tone-km-brute-transportate.

Deci păcura revenea mai ieftin înainte de războiu.

Să vedem dacă acest raport al prețurilor se menține și acum după războiu.

În anul în curs 1922 prețul păcurei a fost de 0,707 lei/kgr. adică exact de 20 de ori mai scump ca în anii 1910—15, iar al lignitului de calitate inferioară de 0,31 lei/kgr, adică de circa 30 de ori mai scump ca în anii dinainte de războiu. Cu aceste cifre

costul combustibilului pe locomotivele C. F. R., ar reveni astăzi în Octombrie 1922 la :

$635 \times 0,707 = 4,40$  lei pe suta de tone-km-brute-transportate pentru păcură, și :

$24 \times 0,31 = 7,50$  lei pe suta de tone-km-brute-transportate pentru lignitul de calitate inferioară.

Deci atât pentru epoca dinainte de războiu cât și acum, după războiu, combustibilul cel mai ieftin pentru locomotiva cu abur este păcura.

Vom admite atunci că pe locomotiva cu abur se arde păcură și vom lua pentru termenul  $C \times p$  cifra de *0,0022 lei pe tuna-kilometru-brută-transportată*.

### Consumația de energie electrică la intrarea în substațiune (termenul b)

O tonă transportată electric pe 1 km de rampă de  $0,50/_{00}$  și cu vitesa medie de 30 km/oră găsită în altă parte, ne reprezintă un travaliu de

$$\left[ 2,5 + \frac{1}{25} \left( \frac{V}{10} \right)^2 + 0,5 \right] \times 1000 \text{ kgr. m} = \left[ 2,5 + \frac{1}{25} \left( \frac{30}{10} \right)^2 + 0,5 \right] \times 1000 = 3400 \text{ kgr. metri.}$$

Dar la această consumație trebuie să adăugăm și consumația ce revine tonei transportate de la tractorul ce o transportă. Admițând că greutatea locomotivei electrice este  $20\%$  din greutatea trenului și luând ca rezistență pe tonă de locomotivă cifra de 7,0 kgr. după experiențele făcute cu locomotivele electrice pe linia Loetschberg-ului, această consumație este de :

$$0,20 (7 + 0,5) \times 1000 = 1500 \text{ kgr. metri.}$$

Deci o tonă transportată electric pe rampă de  $0,50/_{00}$  și cu vitesa medie de 30 km/oră, consumă la janta roții locomotivei :

$$3400 + 1500 = 4900 \text{ kgr-metri sau } 13,2 \text{ Wați-oră.}$$

Cu un randament de 0,60 între janta roții locomotivei și intrarea în substanțiune, ceea-ce se realizează sigur în ori-ce electrificare, această consumație se ridică la :  $\frac{13,2}{0,60} = 22$  wați-oră pe tonă-kilometru-brute-transportate la intrarea în substațiune.



## Costul k-w-oră la intrarea în substațiune

(termenul  $q$ ).

Costul energiei pe o linie electrificată atârână de mai mulți factori, și anume :

1) De densitatea de trafic și de declivitatea liniei.

Cu cât linia are un trafic mai mare și declivități mai mici cu atât coeficientul de utilizare al mașinilor din centrală este mai bun și deci energia produsă va reveni mai ieftin și invers dacă linia are o densitate mică de trafic și declivități mari.

2) De depărtarea de centrală a liniei electrificate.

3) De felul și gradul de rentabilitate al centralei.

Dacă centrala este construită numai pentru a furniza energia tracțiunii electrice, ea va avea un prost coeficient de utilizare și deci k-w-oră va reveni mai scump. Nu există consumator mai oneros, și mai incomod pentru alternatorul centralei, de cât locomotiva electrică. Variații de 1000-1500 kw și mai mult în interval de 2-3 minute sunt curente în centrale de tracțiune mare. Pentru ca asemenea mari variații să poată fi luate fără întreruperea serviciului și fără căderi prea mari de tensiune, trebuiesc luate precauții speciale în echiparea centralei, în construcția conductelor forțate la centralele hidroelectrice, și în special în construcția alternatorilor. Nu orice centrală construită pentru o distribuție de forță și lumină poate fi capabilă să producă în condiții multumitoare curent pentru tracțiunea electrică.

Dacă însă centrala este construită în scopul de a produce o mare cantitate de energie necesară pentru alimentarea cu forță și lumină a unei regiuni întinse, față de care energia cerută pentru tracțiune reprezintă numai o mică parte, adică dacă centrala este o supercentrală, lucrurile se schimbă. Efectul variațiilor bruște ale tracțiunii electrice se pierde în cantitatea mare de energie ce produce centrala, sau se atenuează foarte mult, iar coeficientul de utilizare al mașinilor se ameliorează considerabil căci tonul diagramei centralei este dat de consumația de forță și lumină de alură regulată și constantă.

Pentru acest motiv și pentru altele (cost de primă instalație, cheltuieli de exploatare, cheltuieli generale etc.) este permis să afirmăm că costul *kilowattorei pentru tracțiune produsă într-o su-*

*percentrală este mai ieftin de cât dacă este produsă într'o centrală obișnuită.*

Sunt totuși ingineri (în special în Germania) cari cred că nu este bine a întruni într'o singură rețea primară și energia cerută pentru tracțiunea electrică și energia cerută pentru alte feluri de consumație, ci este mai bine a le separa, menținând numai aceiași clădire și administrație pentru ambele feluri de producție, ceace încă reprezintă o bună economie în cheltuelile generale și de întreținere.

Motivul ar fi că dacă reunirea celor 2 categorii de energie este foarte avantajoasă pentru tracțiune, ea nu este însă în avantajul consumatorului de forță și lumină, care s'ar resimți și economiceste și tehniceste de pe urma variațiilor repezi și mari ale curentului de tracțiune. Părerea aceasta nu este lipsită de interes, dat fiind că ea este susținută tocmai de partisanii monofozatului ne putem cu drept cuvânt întreba dacă nu are mai mult valoarea unei pledoarii pro domo.

Soluția centralelor de putere mijlocie, construite special pentru deservirea tracțiunei electrice pe o anumită linie, a fost până azi aproape singura adoptată, pentru motivul că este de o aplicare mai ușoară și se potrivește mai bine introducerii progresive a tracțiunei electrice, ceace a fost cazul în cele mai multe țări (liniile Loetschberg-ului, St.-Gotard-ului, liniile Companiei du Midi etc).

Soluția supercentralelor cu producere unică pentru toate felurile de consumație, inclusiv tracțiunea, s'a aplicat până astăzi la o singură linie, care nu este însă mai puțin adevărat că reprezintă cea mai importantă electrificare făcută până în prezent, la linia Avery-Harlowtown de 710 km. lungime, o porțiune din linia transcontinentală americană care leagă orașul Chicago cu Oceanul Pacific (portul Tacoma).

Energia necesară acestei electrificări este furnizată de Societatea „Montana Power Co.” care furnizează toată energia electrică necesară Statului Montana, printr'o rețea de 100.000 volți alimentată de 13 centrale (între care supercentrale), în marea majoritate hidroelectrice, a căror putere însumată reprezintă 300.000 cai putere. Puterea maximă necesară liniei electrice în cheștiune, reprezintă 24000 cai putere, deci abia 8% din întreaga putere instalată a centralelor. Este interesant de menționat că deși consumația de curent pentru tracțiune este relativ mică față de

consumația pentru forță și lumină, totuși Societatea „Montana Power Co.” a impus pentru curentul de tracțiune un tarif bazat pe coeficient de utilizare mediu lunar și pe „poantă” maximă, în care valoarea acestei poante are o mare repercursiune asupra prețului de bază. Soc. de cale ferată pentru a împledeca urcarea prețului de bază din această cauză, întrebuițează dispoșitive speciale de limitare a puterii maxime absorbite. Aceste îngrădiri sunt probabil dictate de condițiuni de rentabilitate, mai curând de cât de condițiuni tehnice, căci după monografiile și datele publicate, această mare exploatare electrică în care sunt întrunite pe același rețea toate felurile de consumație de energie electrică, prezintă cea mai desăvârșită siguranță de exploatare alături de cele mai bune condițiuni economice ce s’au realizat până azi <sup>1)</sup>.

Condițiile care influențează asupra prețului curentului fiind cele arătate mai sus, ar părea că este greu să se stabilească pentru comparația ce ne interesează prețul unic al costului energiei electrice.

Mai întâiu vom observa că unele din cauzele divergente enumerate mai sus, se compensează în cazul ce ne interesează. Așa de exemplu liniile depărtate de centrale din vechinul Regat au și declivități mai mici.

Nu putem să ne fixăm un preț de producere al energiei electrice de cât dacă ne punem într’o anumită ipoteză în ce privește modul de producere al energiei electrice.

Ne punem atunci în ipoteza că alimentarea liniilor electrificate se face nu printr’o rețea regională sau națională de centrale și supercentrale, ci că fiecare din liniile electrificate sunt alimentate de una sau mai curând 2 centrale, de putere potrivită, destinate a avea ca principal consumator linia electrificată, și că aceste centrale sunt fie centrale hidroelectrice de o bună rentabilitate, dar nu de o rentabilitate excepțională, fie centrale termoelectrice așezate chiar la locul de producere al unui lignit de proastă calitate, sau care întrebuițează gaze de sonde sau păcură la locul de producere.

Dacă pentru anume linii sau ansamblu de linii, condițiile de producere ale energiei vor fi altele de cât cele arătate mai sus, a-

---

1) A se vedea E. T. Z. Heft 21, anul 1922, pag. 729.

ceasta pentru studiul comparativ ce facem nu are nici o importanță. Condițiile de rentabilitate la care vom ajunge sunt bune și rămân valabile pentru ipoteza de producere de energie, în care ne-am pus. Pentru acele linii pentru care se va dovedi după condițiile speciale ale cazului că costul kilowattorei revine mai ieftin sau mai scump, se va corecta în minus sau în plus densitatea critică de trafic virtual ce vom stabili mai jos, cu o cantitate ce se poate ușor determina.

Prețul unic al kilowattorei pentru tracțiune electrică în condițiile de producere fixate mai sus, l'am fixat conducându-ne după un caz concret studiat înainte de război în birourile Direcției Lucrărilor Noi (azi Direcția Generală a Construcțiilor de Căi Ferate), acel al electrificării liniei Ploești-Predeal, și după oarecare puncte de reper pe care le arătăm mai jos :

1) În centrala hidroelectrică proiectată pentru linia Ploești-Predeal revenea la intrarea în substațiune la 4,7 bani/kworă, iar dacă se electrifica numai linia Câmpina Predeal, revenea la 6,5 bani / kworă.

2) Statul italian plătea înaintea și în timpul războiului pentru 8 din 10 linii electrificate prețuri cari variau între 4,08 și 4,50 pe kworă și numai la 2 din ele costul era de 3,42 și 7,73 centime<sup>1)</sup>. În medie se poate spune că plătea 4,35 centime.

3) Pe linia Loetschberg-ului din Elveția tariful bazat tot pe coeficientul de utilizare, trebuia să varieze între 2,25 și 5 centime pe kilowattoră. Prețul plătit în 1916<sup>2)</sup> a fost de 4,87 centime, iar în 1917 de 4,72 centime (ceace fie zis în treacăt ne arată că coeficientul de utilizare a fost ca întotdeauna în tracțiunea mare, foarte prost).

4) Pe linia Avery-Harlowton din America s'a fixat un preț de bază care pe cursul de 5.20 dolarul dinainte de războiu, revenea la 2,80 centime pe kilowattoră, ca preț limită de bază, cu garanțarea unei sarcini medii lunare egală cu cel puțin 60% din cea contractuală, și cu fixarea sau mai bine corectarea acestel sarcini contractuale, după media valorilor celor 3 „procente” de 5 minute cele mai ridicate din cursul unei.

Pentru fixarea valorii contractuale de bază s'a dat Societății

---

1) Raportul D-lui Mauduit, din 2 Martie 1919, către Consiliul Superior al Lucrărilor Publice din Franța.

de Cale Ferată un termen de  $2\frac{1}{2}$  ani care astăzi trebuie să fie trecut. Să nu uităm că pe această linie ferată energia este furnizată de un sistem de centrale și supercentrale pe o rețea unică pentru tracțiune, forță și lumină, soluție care diferă de aceea pe care am admis-o noi.

Având în vedere toate datele de mai sus și faptul că cheltuielile de exploatare și întreținere ale unei centrale electrice trebuie să le privim în totdeauna în țara noastră ca ceva mai ridicate decât în Elveția, în Italia sau în America, pentru mai multe motive, *am fixat ca preț dinainte de războiu al energiei electrice, cifra de 6 bani kilowattora la intrarea în substațiune.*

#### 4) Costul de primă instalație a electrificării

(termenul *N*)

Intră în acest cost : firul de cale, feederii de dus și întors, eclisagiul șinelor, substațiunile, modificări în depozite și ateliere, eventuale modificări în instalații telefonice și telegrafice, mici exproprieri și cheltuielile de studii. Nu intră costul transportului de forță sub tensiune înaltă.

Luând de bază datele obținute înainte de războiu pentru linia Ploești-Predeal, și date similare de pe linii electrificate în decursul ultimei decenii <sup>1)</sup> *am fixat acest cost la o valoare mijlocie*

---

1) Iată câteva date în această privință luate tot din sus menționatul raport al D-lui Mauduit :

1. *Linia Avery-Harlawton* din America de Nord de 710 km. lungime electrificată în anii 1915—17 cu curent continuu 3000 volți, a costat 11000 dolari pe km. de linie, ceea ce cu cursul de 5.20 al dolarului dinainte de război face 57000 lei pe km. (cale simplă).

2. *Linia Loetschberg-ului* din Elveția (75 km. din cari 16,6 dubli), dată la exploatare electrică în 1913 (monofazat 15000 volți, 15 perioade) a revenit pe cale simplă la 40000 lei/km.

3. *Linia St-Gothard-ului* tot în Elveția (cale dublă) electrificată tot în monofazat 15000 volți 15 perioade, ar fi trebuit să coste după devizul întocmit în 1913, 93000 lei pe km. de cale dublă. Electrificarea începută în timpul războiului și terminată după război a costat de circa 3,5 ori mai mult.

4. *Liniile electrice ale Italiei* echipate în trifazat (2700—3700 volți, au costat în mediu 90000—100000 lei pe km. de cale simplă.

*de 60000 lei pe kilometru de linie electrificată pentru cale simplă și la 95000 lei pe kilometru pentru cale dublă, acestea fiind tot prețuri dinainte de războiu pentru anii 1910-1915.*

Acest cost este socotit în ipoteza că electrificarea liniei se face cu curent alternativ monofazat sau cu curent continuu tensiune înaltă, aceste 2 sisteme echivalându-se aproape din punctul de vedere al costului de primă instalare.

### **5) Dobânda, amortismentul și cota de întreținere a capitalului angajat. (temenul *d*)**

În ipoteză că Statul execută și exploatează singur linia electrificată așa precum face cu orice cale ferată nou construită, vom presupune o dobândă de 5% la capitalul angajat.

Pentru amortisment vom presupune o durată de 20 ani. Uzura firului de cale ne impune a lua acest termen relativ scurt, de și toate celelalte instalații fixe precum substațiuni, stâlpi, ateliere etc. se amortizează în 30-40 ani. Cu 5% dobândă și cu 20 ani durată amortismentul este de 3%.

Un factor greu de apreciat este cota de întreținere a instalațiilor. Nu putem face în această privință altceva de cât să ne conducem după rezultatele obținute în exploatarea existente deși ele cam diferă unele de altele și deși ele nu oferă toate elementele necesare unei reale comparații.

Așa rapoartele căilor ferate italiene, ne dau pentru cheltueli de întreținere cifra procentuală de 3%, cuprinzând cheltuelile de întreținere (și reînnoiri) ale tuturor instalațiilor menționate la No. precedent, mai puțin câteva substațiuni care nu sunt proprietatea statului. Trebuie remarcat însă că aceste linii sunt trifazate, deci cu dublu fir de cale și cu mari complicații la încrucișările din stații, ceea ce ridică simțitor și cheltuelile de întreținere.

Exploatarea electrică cu curent monofazat a liniei Lœtschberg-ului ne indică următoarele cifre pentru întreținerea și reînnoirea ansamblului instalațiilor: 2% în 1915, 3,1% în 1916 și 2,45% în 1917.

Cifra cea mai mică pentru cheltuelile de întreținere și reînnoiri ne-o dă linia Avery-Harlowton din America echipată cu curent continuu 3000 volți și anume numai 1% din capitalul anga-

jat, și încă în această cifră intrând și cheltuelile de întreținere a 650 km de linie de înaltă tensiune la 100.000 volți.

Pentru țara noastră trebuie să luăm pentru întreținere și reînnoiri o cifră mai ridicată de cât toate cele de mai sus, pentru bunul cuvânt că vecinătatea imediată a fabricilor furnizoare de material și legăturile mai strânse cari unesc 2 organe con-naționale fac că orice înlocuire și orice reparație revine mai ieftin în acele țări de cât la noi.

De aceea cred că luând drept cotă de întreținere și reînnoiri cifra de 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> adoptăm o cifră acoperitoare, fără a fi exagerată.

Termenul *d* este atunci  $5 + 3 + 4 = 12\%$ .

### **5) Cheltuelile de exploatare în cele 2 sisteme și aprecierea economiei ce rezultă în aceste cheltueli prin introducerea tracțiunii electrice.**

Nu intră în această comparație nici cheltuelile de întreținere ale căii și de mișcare și nici cheltuelile generale ale exploatareii care sunt aceleași în ambele sisteme de tracțiune. Singurile care diferă sunt cheltuelile de tracțiune, adică întreținerea, reparația și ungerea locomotivelor precum și plata personalului conducător de locomotive.

Fiindcă comparația o facem pentru epoca dinainte de războiu, ne vom servi de datele foarte prețioase pe care le găsim în statisticile publicate la acea epocă de Direcția Generală C.F.R. și anume în ultimii 5 ani dinainte de războiu (1910-15).

Cifrele din aceste statistici fiind cifre medii pentru întregul parc de locomotive și pentru întreaga rețea de căi ferate a vechiului Regat, sunt tocmai ceia ce ne trebuie pentru studiul ce facem.

Iată care sunt capitolele de cheltueli care ne interesează și pe care le găsim în aceste statistice :

1) Curățitul locomotivei. 2) Ungerea. 3) Apa. 4) Revizii și reparații ușoare în depozite. 5) Reparații în ateliere. 6) Personal de conducere (mecanici și fochiști).

Am înscris în alăturatul tablou toate aceste cheltueli pe locomotivă și pe tonă-kilometru-brută-transportată în fiecare din anii 1910-1915 și la urmă am făcut media cifrelor găsite.

Această medie a anilor 1910-15 este cifra ce trebuie să o luăm în considerare.

Dacă adunăm toate capitolele de cheltueli înscrise în alăturatul tablou obținem ca *cifră medie a cheltuelilor de tracțiune cu abur pe locomotivă și pe tonă-km-brută transportată* :

Pe locomotivă :  $1000+1110+1400+2250+3300+5100 = 14160$

Pe tonă-km-br.-transp. :  $(1,8+2+2+3,9+5,4+8,6) \times 10^{-4} = 0,00237$

Cheltuelile similare pentru tracțiunea electrică sunt departe de a se putea stabili cu aceeași precizie.

Exploatările electrice existente au publicat oarecare date în această privință, dar acestea nu pot servi de cât ca o indicație, dat fiind mai întâiu că condițiunile generale ale exploatărei nu sunt în cele mai multe cazuri asemenea alor noastre, și în a 2-lea rând pentru că cele mai multe din aceste exploatări sunt ele înșile la începutul lor.

Vom proceda atunci în mod acoperitor, așa cum am procedat și pentru capitolul cheltuelilor de reînnoire și întreținere a instalațiilor fixe, adică vom alege pentru tracțiunea electrică cifrele corespunzătoare așa fel ca să fim siguri că ele nu vor fi întrecute în viitoarea exploatare.

Firește făcând această ipoteză, forțăm încă odată puțin comparația în avantajul tracțiunii cu abur.

Să procedăm deci acoperitor pentru fiecare din capitolele de mai sus.

Capitolul curățirii (scuterea cenușei la locomotiva cu abur) dispăre la locomotiva electrică.

De asemenea dispăre alimentarea cu apă.

În ce privește revisuirile și reparațiile ușoare în depozite precum și reparațiile în ateliere, deși mai toate exploatările electrice existente afirmă că ele revin mai ieftin la locomotiva electrică de cât la locomotiva cu abur, noi le vom considera ca egale.

Rămân cheltuelile de personal. Orice locomotivă cu abur reclamă un mecanic și un fochist în afară de echipele de mecanici și fochiști cari pun locomotiva sub presiune în depozit, câteva ore înainte de pornire.

Un singur wattmann este suficient pentru conducerea loco-



# T A B L O U L

Cheltuelilor de tracțiune pe locomotivă în serviciu și pe tonă-kilometru-brută  
transportată (t - km - br - t) în anii 1910 - 15

A n u l	Curățitul		Ungerea		A p a		Revisii și reparații ușoare în deposite		Reparații în ateliere		Personal de conducere (mecanici și fociaști)	
	pe loc	t-km br-t	pe loc	t-km-br-t	pe loc	t-km br-t	pe loc	t-km-br-t	pe loc	t-km-br-t	pe loc	t-km-br-t
1910—11	896	0,00014	914	0,0001	1093	0,00017	1970	0,0003	3180	0,00048	4800	0,00075
1911—12	1031	0,00016	1151	0,0002	1013	0,00016	2100	0,00032	3000	0,00048	4800	0,000755
1912—13	945	0,00017	1043	0,0002	1191	0,000187	2200	0,00036	3100	0,0005	4900	0,0008
1913—14	1033	0,00018	1187	0,0002	1308	0,000243	2300	0,00042	3400	0,00053	5250	0,00094
1914—15	1198	0,00024	1367	0,0003	1381	0,00026	2700	0,00055	3800	0,0007	5750	0,00105
Media . .	1000	0,00018	1110	0,0002	1400	0,0002	2250	0,00039	3300	0,00054	5100	0,00086

motivei electrice, și unele exploatări electrice în care manivela por-nitorului este prevăzută cu un buton de siguranță care întrerupe automat curentul când mâna wattmanului părăsește manivela (în caz de accident întâmplat wattmanului), întrebuințează în adevăr un singur conducător pe locomotiva electrică. Sunt însă alte ex-ploatări, cari preferă să ție 2 oameni pe locomotivă: un wattman și un ajutor. Noi ne vom pune în această din urmă ipoteză, și vom reduce cota cheltuelilor de personal numai cu economia ce rezultă din dispariția echipelor de punere sub presiune și din fap-tul că meseria de conducător de locomotivă fiind și ca muncă și ca pregătire incomparabil mai ușoară de cât cea de mecanic de locomotivă cu abur, acești wattmani vor putea fi plătiți mai puțin de cât un mecanic de locomotivă.

Evaluăm aceste economii la o cincime din cheltuelile totale de personal ale locomotivei cu abur și reducem deci costul perso-nalului locomotivelor electrice la : 4100 de locomotivă electrică sau 0,00069 pe tonă-km-brută transportate.

Cu cele spuse mai sus cheltuelile de tracțiune se evaluează pentru locomotiva electrică la :

$$1110+2250+3300+4100 = 10760 \text{ lei pe locomotivă electrică}$$

Să evaluăm aceste cheltueli și pe tonă-km-brută-transportată.

Dacă capacitatea de trafic a locomotivei electrice ar fi egală cu a locomotivei cu abur această cifră ar fi :

$$(1,8+2+3,9+5,4+6,9) \times 10^{-4} = 0,002$$

Dar după cum am mai spus deja în alt loc, toate exploată-riile de căi ferate electrice au dovedit că *locomotiva electrică are o capacitate de trafic cu mult mai mare ca locomotiva cu abur*, ceea ce se afirmase și a priori ca un corolar al proprietăților trac-țiunii electrice. Se spune curent că o locomotivă electrică face serviciul a 2 locomotive cu abur, și acest lucru se verifică în multe exploatări. Ba, pe linia americană Avery-Harlawton se arată că o locomotivă electrică face serviciu a 2 locomotive cu vapori în serviciu de persoane și a 3 locomotive cu vapori în serviciu de marfă <sup>1)</sup>.

---

1) Menționatul raport al D-lui Mauduit, pagina 162.

Noi vom fi mai pesimiști și vom presupune că 2 locomotive electrice fac serviciu a 3 locomotive cu abur. Revine atunci a reduce la două treimi cheltuelile de tracțiune pe tona-km-brută transportată evaluate mai sus la 0,0020 lei.

Deci :

$$0,0020 \times \frac{2}{3} = 0,00133$$

Economia ce rezultă în capitolul cheltuelilor de tracțiune prin introducerea tracțiunii electrice vor fi atunci :

$$0,00237 - 0,00133 = 0,00104 \text{ lei pe tona-km-brută transportată.}$$

Mai rămâne un singur lucru de care trebuie să ținem seamă, și anume :

Când am evaluat cheltuelile de primă instalație am ținut seamă de instalațiile fixe dar nu am ținut seama de capitalul angajat în procurarea locomotivelor electrice ceea ce reprezintă o sumă apreciabilă. În toate comparațiile ce se fac între tracțiunea electrică și cea cu abur este obiceiul să nu se ție seamă de acest capitol, pentru că se face raționamentul următor :

Fie că linia electrizată este nouă, fie că este veche, locomotivele electrice ce se cumpără înlocuiesc pe cele cu abur, care devin disponibile și se pot întrebuința în altă parte. Și fiindcă numărul locomotivelor electrice necesare este pe jumătate cât al celor cu abur iar prețul lor este cam de 2 ori mai mare de cât al celor cu abur, rezultă că locomotivele reprezintă aproximativ același capital investit în ambele feluri de tracțiune și că deci acest capital dipare din comparație.

Dar noi am ad nîs că o locomotivă electrică face serviciu numai a 1,5 locomotive cu abur, iar din cercetarea mai atentă a prețurilor celor 2 feluri de locomotive am găsit că raportul e ceva mai mare de cât 2.

În aceste condiții procurarea locomotivelor electrice reprezintă o cheltuială în plus și de dobânda și amortismentul acestui supliment de capital angajat trebuie să ținem seama.

S'ar părea că locul acestei cote este la capitolul : dobânda și amortismentul capitalului angajat ( $d \times N$ ).

Să observăm însă că acel capital l'am evaluat pe km. de cale, pe când numărul de locomotive pe care le necesită o linie

nu atârână *numai* de lungimea ei ci și de numărul și greutatea trenurilor ce circulă pe acea linie deci atârână de traficul liniei.

Deci unitatea la care trebuie să raportăm numărul de locomotive, deci și surplusul de cheltuială pe care îl reprezintă dobânda și amortismentul capitalului respectiv, este nu kilometru, ci traficul.

Locul acestei cote este deci tot la capitolul cheltuelilor de tracțiune ca toate celelalte cheltueli ce se referă la locomotivă.

Să o evaluăm :

Ultimele locomotive cu abur cumpărate în ultimii ani înainte de războiu au costat în mijlocie 85000 lei. În mai toate exploatarele electrice locomotivele electrice s'au plătit înainte de războiu cu 2 lei kgr. O locomotivă electrică fie monofazăată, fie cu curent continuu tensiune înaltă, care ar îndeplini toate condițiunile unui bun serviciu de călători ar cântări cam 85 tone, iar una de marfă cam 105 tone. În medie deci 95 tone, ceea ce ar costa rotund 190000 lei (preț dinainte de război).

De altă parte tabloul de mai jos ne spune ce capacitate de trafic avea înainte de război o locomotivă cu abur :

A n u l	No. de locomotive cu abur în serviciu	Traficul în tone-km-br-transportate	No. de locomotive necesare unui trafic de o tonă-km-br. transportată
1910—11	691	4452 mil.	$1,55 \times 10^{-7}$
1911—12	772	4981 "	$1,55 \times 10^{-7}$
1912—13	822	5046 "	$1,63 \times 10^{-7}$
1913—14	873	4873 "	$1,79 \times 10^{-7}$
1914—15	917	4550 "	$2,00 \times 10^{-7}$
Media .			$1,70 \times 10^{-7}$

Surplusul de cost pe care îl aduce introducerea tracțiunii e-

electrice în procurarea locomotivelor este atunci pe tonă-km-brută-transportată :

$$0,00133 \times 1,70 \times 10^{-7} \times 190000 - 1,70 \times 10^{-7} \times 86000 = 7,07 \times 10^{-3}$$

Vom lua aceeași dobândă de 5%, dar vom presupune o amortisare în timp de 15 ani, ceace ne dă o cotă de amortisare de 4,63%.

De cota de întreținere nu mai poate fi vorba căci ea intră în capitolul cheltuelilor de tracțiune de care am ținut deja seama.

Dobânda și amortismmentul surplusului de capital raportat la tonă-km-brută-transportată este atunci :

$$0,0946 \times 7,07 \times 10^{-3} = 0,00067$$

Termenul A devine atunci :

$$A = 0,00237 - 0,00133 - 0,00067 = 0,00037$$

### Calculul densității critice a traficului virtual

Să recapitulăm toți factorii găsiți mai sus :

$cp = 0,0022$  lei pe tonă-km-brută-transportată.

$b = 0,022$  kilovattore pe " " "

$q = 0,06$  pe kilowattoră.

$N = \begin{cases} 60000 \text{ lei/km. cale simplă.} \\ 95000 \text{ " " " dublă.} \end{cases}$

$d = 0,12$ .

$A = 0,00037$ .

Să introducem toate aceste valori în formula traficului critic virtual și avem ;

Pentru cale simplă :

$$\begin{aligned} \frac{M}{L} &= \frac{d N}{cp + A - bq} = \frac{0,12 \times 60000}{0,0022 + 0,00037 - 0,022 \times 0,06} \\ &= \frac{7200}{0,0022 + 0,00037 - 0,00132} = 5,75 \times 10^6 \text{ tone-km-brute-transportate virtuale pe kilometru de linie.} \end{aligned}$$

Iar pentru cale dublă :

$$\frac{M}{L} = \frac{0,12 \times 95000}{0,0022 + 0,00037 - 0,022 \times 0,06} = 9,1 \times 10^6 \text{ tone-km-br-transportate virtuale pe kilometru de linie.}$$

*Deci densitatea critică de trafic virtual pentru electrificare pe rețeaua căilor ferate române era în perioada dinainte de războiu (1910-15) de :*

**5750000** tone-kilometri-brute transportate virtuale pe km. (real) de linie pentru cale simplă și

**9100000** tone kilometri-brute transportate virtuale pe km. (real) de linie pentru cale dublă.

Menționez încă odată că în aplicarea acestor cifre trebuie să ținem seamă de 2 lucruri esențiale :

1) Cifrele la care am ajuns nu trebuiesc privite ca niște cifre exacte care ar delimita în mod precis limita de la care electrificarea devine rentabilă.

2) În stabilirea acestor cifre a trebuit să apreciam în mod aproximativ unii din factorii care intră în compunerea lor. Ori de câte ori am făcut o asemenea apreciere am făcut-o în mod aco-peritor. Așa că putem spune că rezultatele obținute mai sus poate să ne reprezinte o cifră prea ridicată pentru densitatea critică de trafic virtual, dar nu credem în nici un caz să ne reprezinte o cifră inferioară.

*În acest sens putem spune că densitatea critică de trafic virtual este cuprinsă între 5 milioane și 6 milioane de tone-km-brute transportate virtuale pe km de linie pentru cale simplă și în jurul a 9 milioane pentru cale dublă.*

(Va urma)

