

# Hybrid shunting locomotive LHy-M, a possible transition pathway towards sustainable development in railway operations

## Abstract

Creșterea nivelului de poluare a mediului înconjurător și problemele de gestionare eficientă a resurselor naturale reprezintă provocări reale pentru sectorul de transporturi la nivel european. Deși considerat a fi unul din modurile de transport cel mai puțin poluante, transportul feroviar european se realizează în proporție de 90% cu material rulant aflat la nivelul tehnologic al anilor 1960. Introducerea unor noi norme mult mai stricte privind poluarea printre care amintim Directiva 2008/50/EC, privind calitatea aerului, Directiva 2004/26/EC, care introduce un calendar al reducerii emisiilor de PM, NO<sub>x</sub> pentru motoarele cu ardere internă folosite pe locomotive/autotrenuri și Directiva 2009/33/EC privind promovarea vehiculelor nepoluante și eficiente energetic prin achiziții, obliga operatorii de transport feroviar să înlocuiască sau să modifice locomotivele diesel de care dispun pentru a respecta limitele de emisii. Totodată, concluziile proiectului de cercetare CLEANER-D - „Clean European Rail – Diesel”<sup>1</sup> (FP7) arată că hibridizarea ar putea contribui la reducerea emisiilor poluante, fiind mult mai accesibilă pentru operatorii feroviari.

În acest context, compania România Euroest SA, prin proiectul „Locomotiva hibrid de manevră - premieră mondială. Transformarea locomotivei diesel hidraulică LDH 1250 CP în locomotivă hibrid”, propune o abordare inovativă de transformare a locomotivelor Diesel-hidraulice LDH 1250 CP vechi în locomotive hibrid (LHy-M), înglobând tehnologie hibridă, elemente de automatizare performante, componente redundante și cât mai ergonomice, care pot suplini și asimila funcții extinse ale vechilor componente din dotarea materialului rulant. Acest proiect vine în întâmpinarea tuturor operatorilor feroviari, ajutând atât în reducerea costurilor de operare, cât și a emisiilor poluante.

*Keywords:* Diesel locomotive, Hybrid shunting locomotive, Sustainable development

## 1. Introduction

Potrivit manualului european cu estimări ale costurilor externe în sectorul transporturilor și pe baza trenurilor diesel pe km pentru fiecare țară [din statisticile oficiale ale Uniunii internaționale a căilor ferate (UIC) pentru anul 2008] reies următoarele costuri medii ponderate (raportate la prețurile de la nivelul anului 2008) (Tab. 1):

Tab 1. Costuri medii ponderate la nivel european în sectorul transporturilor (2008)

Cost mediu ponderat/tona	Emisii
8,409 EUR	NO <sub>x</sub>
393,209 EUR	PM <sub>2,5</sub> în zone metropolitane urbane (orașe cu mai mult de 0,5 milioane de locuitori)
126,708 EUR	PM <sub>2,5</sub> în zonele urbane (orașe mai mici și mijlocii, cu până la 0,5 milioane de locuitori)
71,395 EUR	PM <sub>2,5</sub> în afara zonelor construite pentru emisii

Source: International Union of Railways, <http://uic.org/>

Locomotivele care efectuează activități de manevră aflate în funcțiune în prezent au fost fabricate cu câteva decenii în urmă și au încă un potențial semnificativ de exploatare.

Pe parcursul unei deplasări de manevră, motorul diesel se utilizează pe perioade de timp relativ lungi la putere joasă, departe de valoarea optimă de funcționare. În aceste condiții, randamentul motorului este scăzut, cu impact asupra consumului de combustibil. Pe durata

<sup>1</sup> <http://www.cleaner-d.eu/>

unui schimb de lucru, proporția timpului de mers în gol este considerabilă, până la 85% din timpul total de funcționare [Girard, 2008]

Tendința actuală în țările dezvoltate arată faptul că politica economică este bazată pe găsirea de soluții inovative și eficiente pentru renovarea sau modernizarea cu reutilizarea unor părți ale locomotivelor vechi, pentru a dezvolta noi produse sau pentru a le menține cât mai mult timp în exploatare. Dat fiind domeniul restrâns al potențialilor ofertanți de soluții pentru renovarea locomotivelor de manevră se estimează o multiplicare a proiectelor de acest gen, atât pentru beneficiari interni, cât și externi. Această prognoză este susținută de costurile extrem de ridicate de achiziție a unor utilaje noi, transformarea locomotivelor vechi fiind mult mai avantajoasă (cca. 35% din costul unei locomotive noi), reușind totodată să prelungească durata de viață a unei locomotive vechi cu 15-20 de ani.

~~pleacă de la un concept tehnic, dezvoltat și aplicat în perioada 2012-2013 de România Euroest SA și partenerii săi (Integral Consulting R&D și INDA Craiova,) în realizarea unor roboți de manevră RM și în transformarea locomotivei LDH 1250 CP clasice (cu sistem de acționare diesel hidraulic) într-o locomotivă cu sistem electric de tracțiune în curent alternativ, alimentat de la baterii de acumulare Li-Ion (LEA), validate cu T5 succes începând cu anul 2015 în mediul industrial al platformei siderurgice ArcelorMITTAL Galați.~~

~~După mai mult de doi ani de exploatare a LEA, s-a remarcat o creștere semnificativă a eficienței operațiunilor în cadrul procesului tehnologic, datorată în principal fiabilității net superioare a locomotivei. Din analiza comparativă a costurilor de operare și întreținere a LEA (pentru perioada X-Ce ani de referință s-au comparat 2015-2016??) cu cele ale LDH 1250 CP reiese următoarele reduceri semnificative:~~

- ~~▪ 65-70% a costurilor cu reparația planificată tip RR/RG;~~
- ~~▪ 80% a costurilor cu reviziile planificate (RT 1, R1, R2, 2R2);~~
- ~~▪ 100% a costurilor cu combustibilul (au fost înlocuite cu alte costuri privind electricitatea, acestea însă, fiind reduse, sub 50% din costurile combustibilului) destul de neclară formularea;~~
- ~~▪ >80% a costurilor cu lubrifianți.~~

~~Plecând de la aceste rezultate favorabile, în anul 2017~~

In anul 2016 România Euroest SA împreună cu partenerul sau Integral Consulting R&D a demarat proiectul „Locomotivă hibrid de manevră- premieră mondială. Transformarea locomotivei diesel hidraulică LDH 1250 CP în locomotivă hibrid” care își propune să aducă pe piața de profil prima locomotivă hibrid (LHy-M) rezultată din transformarea unei locomotive diesel hidraulice tip LDH 1250 CP cu formula osiilor B'-B', care utilizează baterii Li-Ion și sistem avansat de echilibrare / management al pack-urilor de baterii și totodată să implementeze pe locomotivele convenționale tip LDH 1250 CP un pachet de soluții tehnice de vârf, pentru reabilitarea completă a locomotivelor, cu reflectare directă în îmbunătățirea caracteristicilor și performanțelor lor operaționale.

Prototipului pentru Locomotivă hibrid de manevră (LHy-M) s-a dezvoltat în cadrul Programului Național de Cercetare PNCDI III- Programul 2. Subprogramul 2.1 – Proiect de transfer la operatorul economic (PTE-2016), de partenerii în proiect, respectiv România Euroest SA, Constanța și Integral Consulting R&D, București.

Proiectul pentru locomotivă hibrid (LHy-M) s-a dezvoltat plecând de la o tehnologie validată în mediul industrial pe platforma siderurgică ArcelorMITTAL Galați (nivel de maturitate tehnologică, TRL5), care, prin cercetare industrială s-a concretizat într-o tehnologie demonstrată în mediul industrial (nivel de maturitate tehnologică, TRL6).

Realizarea locomotivei hibrid de manevră, LHy-M reprezintă un important salt tehnologic deoarece pornește de la principiul că trecerea de la tracțiunea diesel hidraulică la locomotivele cu surse alternative de energie se poate realiza, nu numai prin construirea de locomotive noi, ci și prin transformarea vechilor locomotive, cu costuri acceptabile și atractive pentru utilizatori, limitând cheltuielile de capital și extinzând durata de viață așteptată a parcurilor de vehicule existente.

Realizarea locomotivei LHy-M reprezintă o etapă de inovare de produs și de proces:

- a) **inovare de produs** – prima locomotivă hibrid rezultată din transformarea unei locomotive diesel hidraulice tip LDH 1250 CP cu formula osiilor B'-B', echipată cu cele mai noi tehnologii de stocarea energiei (baterii Li-Ion și sistem avansat de echilibrare / management al pack-urilor de baterii), management al tracțiunii și motoare diesel Tier IIIA.
- b) **inovare de proces** – implementarea pe locomotivele convenționale tip LDH 1250 CP a unui pachet de soluții tehnice de vârf, menite reabilitării complete a locomotivelor, cu reflectare directă în îmbunătățirea caracteristicilor și performanțelor lor operaționale.

Conceptul tehnic se bazează pe analiza statistică a ciclurilor de manevră și a performanțelor locomotivelor de manevră la nivel european și național și a avut ca obiectiv major realizarea unui proiect tehnic eficient din punct de vedere energetic, cu un compromis optim între forța de tracțiune, capacitate baterii și autonomie

Calendarul de implementare al Programului „European Locomotive & Railcar Technology Roadmap 2020” indică faptul ca strategia de hibridizare aleasă este corectă (Fig. 1).

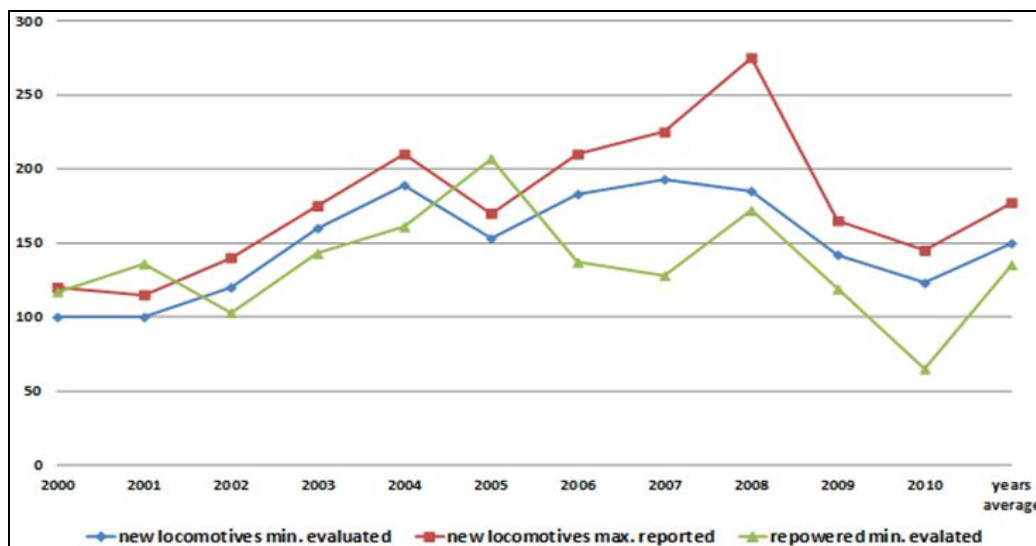


Fig 1. Ordered new locomotives and repowered locomotives between 2000 to 2010 (UIC members & non-UIC companies, EU-27 & EFTA)

Source: Own market observations of CleanER-DSP5 partners; <http://www.cleaner-d.eu>

Desigur ideea de hibridizare a materialului rulant existent nu este una nouă, multe companii precum Deutsche Bahn (DB), Alstom Deutschland, DAL Deutsche Anlagen-Leasing, Toshiba sau CAF au pus deja în **exploatare** o serie de locomotive hibrid, insa elementul care da **unicitate** proiectului demarat de partenerii romani este *hibridizarea prin schimbarea sistemului de acționare*.

Integrarea soluțiilor tehnice inovative de către Romania Euroest SA are la bază cererea de Brevet de Invenție înregistrată sub nr. RO 131720 A0. Cererea de brevet de invenție pentru proiectul "Locomotiva electrică cu acumulatori" publicată în OSIM BOPI nr.3/2017 din data de 30.03.2017, precum și deținerea unor brevete de invenții pentru unele echipamente integrate pe locomotivă (Aplicație de patent WO 2011/055230 A2 referitor la convertorul de tracțiune și încărcare, Brevet de invenție Nr. 126845/2013 „Sistem integrat pe locomotive diesel hidraulice LDH125 pentru funcționare prin telecomanda radio”).

În realizarea locomotivei hibrid (LHy-M) s-a ținut cont de următoarele cerințe:

- Cerințe privind siguranța circulației: stabilitatea rulării la vitezele de manevră reglementate, asigurarea parametrilor contactului roată-șină;
- Cerințe privind fiabilitatea și disponibilitatea, conform SREN 50126-1/2003;
- Cerințe privind sănătatea și securitatea personalului, conform SR. OMSAS 18001/2008.
- Cerințe privind protecția mediului, conform HG 1022/2002: poluare extrem de redusă;
- Cerințe de compatibilitate tehnică cu alte vehicule feroviare, trenuri și instalații fixe din componența infrastructurii feroviare;
- Costuri de exploatare reduse - o locomotivă telecomandată are eficiență maximă prin efectuarea manevrelor cu personal redus și consum optim de energie;
- Costuri reduse cu mentenanța;
- Creșterea gradului de protecție a muncii, prin reducerea numărului de personal de exploatare;
- Creșterea siguranței circulației, prin dispariția comenzilor de manevră de la om la om.

În continuare se vor prezenta aspecte funcționale și tehnice precum și principalele provocări întâmpinate în construcția locomotivei hibrid (LHy-M) de manevră pornind de la modelul clasic de locomotivă Diesel hidraulică LDH 1250 CP.

## 2. Design and construction

Locomotiva Diesel este unul din cele mai complexe produse fabricate în România, complexitatea acesteia fiind dată, atât de numărul și diversitatea subansamblurilor și componentelor sale, cât și de reglementările tehnice specific severe de siguranță feroviară. Acesta este motivul pentru care fabricantul s-a confruntat cu o serie de provocări tehnologice în realizarea locomotivei hibrid de manevră (LHy-M), dintre care amintim:

- Integrarea funcționării în comun a grupului electrogen și a bateriilor Li-Ion în regimurile de funcționare propuse în condițiile utilizării eficiente a puterii grupului electrogen montat pe locomotivă care trebuie să performeze în cel mai optim regim (consum de combustibil minim și emisii de noxe minime);
- Definirea setărilor parametrilor operaționali din timpul manevrei și integrarea funcției de tip cruise control;
- Asigurarea unui grad înalt de siguranță și securitate la coliziune prin aplicarea de metode inovative de rigidizare a șasiului, verificate prin metoda elementelor finite, utilizarea de dispozitive antiîncălecare și tamponare cu capacitate mare de absorbție a energiei de impact.

~~În continuare se vor prezenta aspecte funcționale și tehnice privind locomotivă hibrid de manevră, LHy-M.~~

În concepția arhitecturală a locomotivei hibrid s-au avut în vedere, încă din faza de concepție, următoarele considerente:

- adoptarea celor mai noi soluții tehnice la nivel mondial pentru integrarea constructivă și tehnologică în ansamblul locomotivei;
- construcția modulară a locomotivei hibrid, LHy-M, pentru un nivel ridicat de adaptare și particularizare la diverse aplicații ale potențialilor clienți;
- selectarea echipamentelor de ultimă generație, furnizate de producătorii cei mai competitivi de pe piață;
- introducerea de componente modulare și elemente redundante pentru o disponibilitate ridicată a locomotivei;
- punerea în exploatare a locomotivei numai după testare și probe, până la validarea soluțiilor aplicate;
- certificarea produsului.

## 2.1. Caracteristici constructive și funcționale ale locomotivei hibrid LHy-M

În Tabelul 2 sunt prezentate principalele caracteristici constructive și funcționale ale locomotivei hibrid, LHy-M

Tab. 2. Specificații constructive și funcționale ale locomotivei hibrid LHy-M

Caracteristica	Specificații locomotivă LHy-M
<b>Ecarterment</b>	1435 mm
Gabarit transversal	Contur de referință GC conform EN 15273-2:2013 Contur inferior GI1 conform EN 15273-2:2013
<b>Formula osiilor</b>	B'- B'
<b>Dimensiuni</b>	
Lungimea peste tamboane	13700 mm
Lățimea maximă	3070 mm
Înălțimea maximă	4650 mm
Ampatamentul locomotivei	7200 mm
Ampatamentul boghiului	2500 mm
Diametrul de rulare al roții în stare nouă/uzată	1000/920 mm
Raza minimă a curbei	120 m pe linie curentă 100 m pe linie de manevră
<b>Mase</b>	
Masa locomotivei	70 ± 3% t
Sarcina pe osie	18 t
Capacitate rezervor combustibil	3000 l
<b>Performanțe</b>	
Viteza maximă	15÷30 km/h prin tracțiune proprie 100 km/h remorcată
Forța de tracțiune de durată	150-200 kN
Forța de tracțiune la demaraj	200÷233 kN
Putere maximă motor de tracțiune	1x155 kW; 2x155 kW; 1x315 kW
<b>Baterii de acumulare de tracțiune</b>	Li-Ion 300÷700 Ah
Raport maxim reductor	1/4÷1/16
<b>Frâna</b>	LDH 1250 CP(UIC)/Electropneumatică KNORR
<b>Compresor</b>	
Tip compresor	AtlasCopco GAR22A
Putere motor electric	22 kW asincron
Debit	2,5 m <sup>3</sup> /min

Presiune de lucru	10 bar
Capacitate rezervor de aer comprimat	800 l

## 2.2. Caracteristici tehnice ale componentelor principale

Acumulatorii Li-Ion utilizate pentru locomotiva hibrid (Lhy-M) sunt de tip WB-LYP-XXX AHA LiFeYPO<sub>4</sub>, unde simbolul XXXX reprezintă capacitatea acumulatorilor în Ah. Capacitatea aleasă pentru acestea este de 400 Ah. Se pot utiliza unul sau mai multe grupuri de câte 240 de elemente înseriate. Grupurile au fost conectate în paralel. În cadrul fiecărui grup, acumulatorii sunt grupați în pack-uri identice înserate (vezi figura 2).

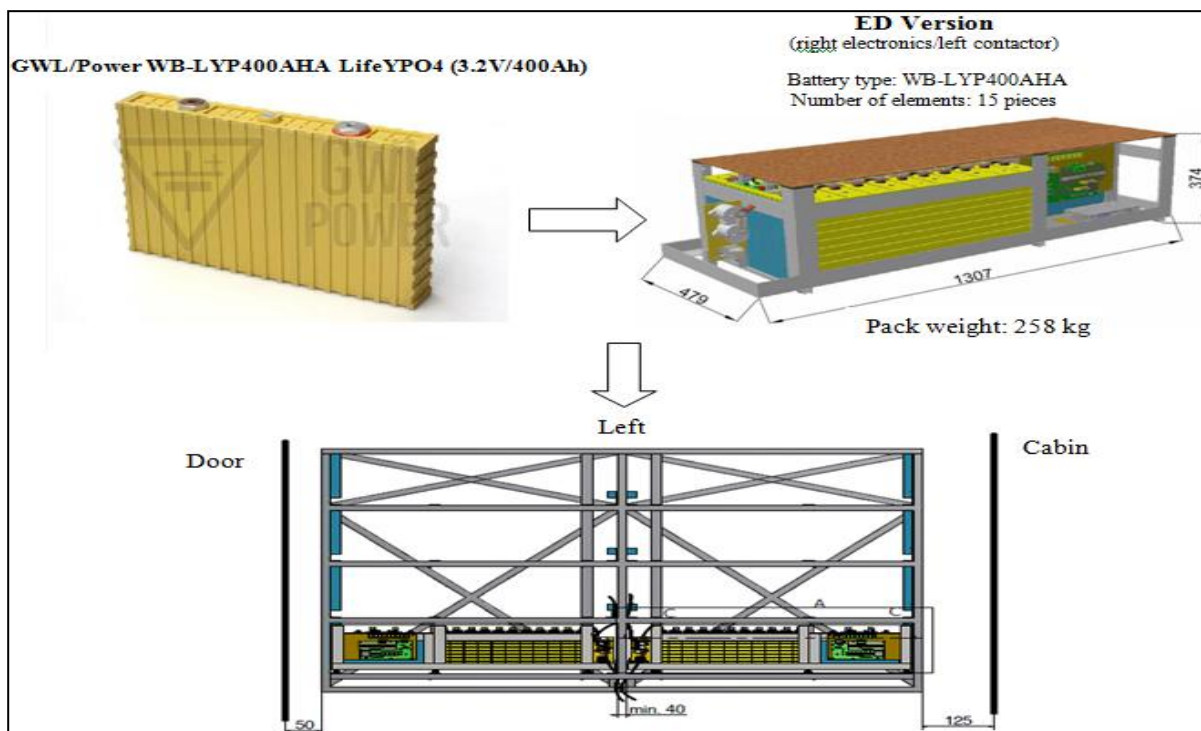


Fig. 2. Caracteristici funcționale ale acumulatorilor Li-Ion

### ■ Caracteristici funcționale ale grupului electrogen

În Tab. 3 sunt prezentate principalele caracteristici ale grupului electrogen.

Tab.3. Caracteristici funcționale ale grupului electrogen

Caracteristici generator	Caracteristici motor Diesel
– Fără perii 4 poli	– Norma emisii EU STAGE IIIA
– Putere continua 250 kVA/ 200 kW	– Putere 300 CP (250 kVA)
– Zgomot 70dB	– Număr cilindrii 4 linie
– Turație 1500 rpm	– Aspirație Turbosuflanta
– Freecventa 50 Hz	– Răcire cu apă
– Tensiune 400 Vca + N	– Cilindreea 11906 cc
– Curent 455 A	– Alezaj/cursa piston 132 x 145 mm
– Regulator de tensiune	– Regulator de turație electronic cu precizie de reglare 1%
	– Consum la 100% putere 76 l/h

### ■ Caracteristici funcționale ale echipamentului electronic



Componenta echipamentului electronic cuprinde: Convertor tracțiune, Convertor încărcare, Sursa statică de alimentare servicii auxiliare, Sistem integrat de comandă

#### ▪ Caracteristicile convertorului de tracțiune

Convertorul de tracțiune, alimentează motorul de tracțiune, cu tensiune și frecvență variabile asigurând regimul de tracțiune la cuplu controlat.

#### ▪ Caracteristicile convertorului de încărcare

Convertorul de încărcare a bateriilor, este alimentat fie de la rețeaua trifazată 3x400 Vca, 50 Hz fie de la grupul electrogen montat la bordul locomotivei hibrid și convertește această tensiune în tensiune continuă pe care o adaptează cerințelor de încărcare ale bateriilor de acumulare Li-Ion.

#### ▪ Sursa statică de alimentare servicii auxiliare

Sursa statică pentru alimentarea serviciilor auxiliare, este alimentată de la bateriile de acumulare via convertor tracțiune (pentru controlul curentului absorbit de sursă).

Sursa furnizează la ieșire un sistem de tensiuni adaptat alimentării serviciilor auxiliare de pe locomotiva hibrid, după cum urmează:

- 3x400 Vca, 50 Hz – alimentare motor compresor;
- 3x400 Vca, 50 Hz +N – alimentare consumatori trifazați (motor electric pompa ulei, motor electric ventilație MT)
- 1x230 Vca, 50 Hz – alimentare consumatori monofazați (rezistența încălzire ulei, semnalizări exterioare girofaruri, semafoare, sirene etc.);
- 24 Vc.c. pentru încărcare baterii 24 V și pentru consumatorii de 24 Vc.c. de pe vehicul.

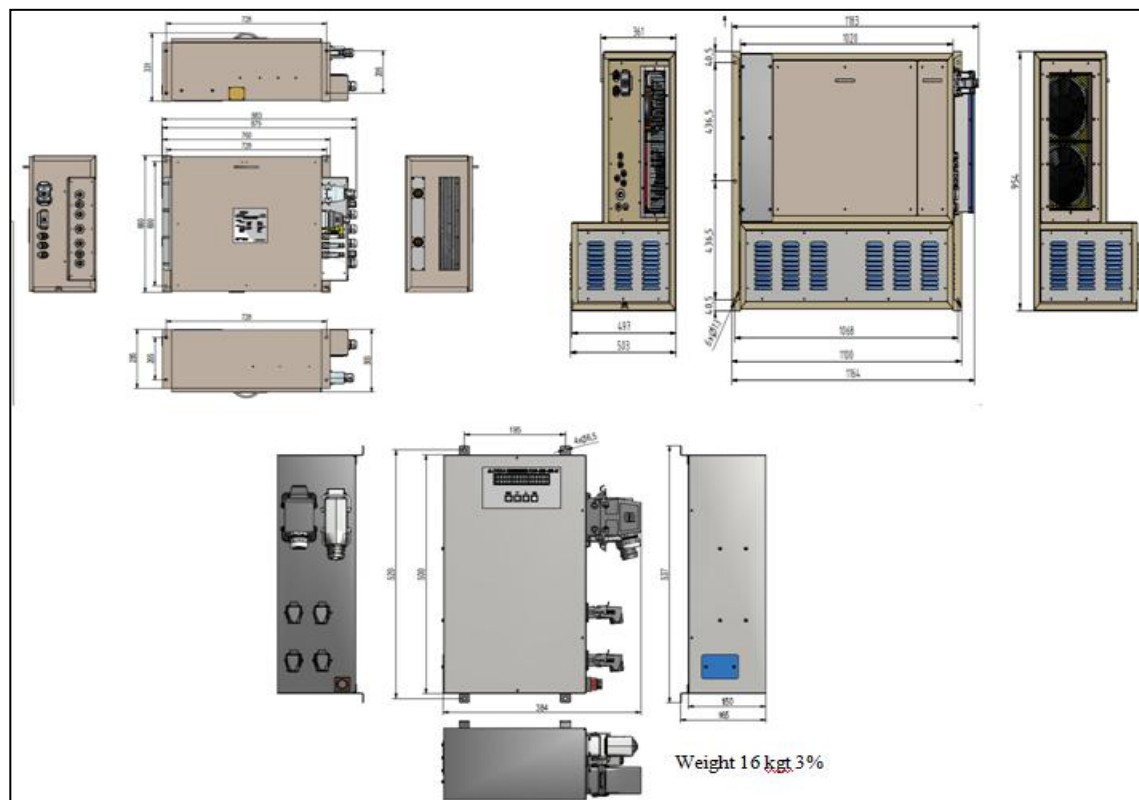


Fig. 3. Schema sursei statice de alimentare servicii auxiliare

#### ▪ Sistemul integrat de comandă

Sistemul integrat de comandă și management baterii are 2 funcții de bază:

—Comanda și supravegherea regimului de mers a vehiculului (tracțiune sau frânare electrică cu recuperare în baterii) precum și regimul de încărcare a acumulatorilor de grupul electrogen sau de la priza de 3x400Vca 50 Hz. Pentru aceasta, sistemul integrat de comandă este interconectat cu convertorul de tracțiune, convertorul de încărcare, sursa statică pentru servicii auxiliare, pack-urile de baterii, automatul programabil de bord (comanda tracțiune — frânare), comutatorul de regim, dispozitivul de monitorizare rezistență de izolație, grupul electrogen, priza de încărcare, indicatorul nivelului încărcare baterii și alte echipamente din vehicul.

—Sistemul BMS (Battery Management System) compus din BMS central împreună cu BMS pack asigură funcția complexă de monitorizare a bateriilor de acumulare cu următoarele funcții de bază:

- a) Controlează regimul de încărcare astfel ca tensiunea niciunui element din cele 240 sa nu depășească valoarea maximă prescrisă în toată gama de temperaturi normale de funcționare;
- b) Controlează regimul de descărcare astfel încât tensiunea niciunui element din cele 240 să nu scadă sub valoarea minimă prescrisă, în toată gama de temperaturi de funcționare;
- e) Asigura funcția de redistribuire activă de sarcină (echilibrare) între celulele unui pack pentru maximizarea cantității de energie înmagazinată în baterii (menținerea capacității bateriei).

#### ▪ **Componența echipamentului de frână:**

- Frâna de serviciu (frâna tren);
- Frâna directă;
- Frâna de urgență;
- Protecția antiblocaj;
- Frana fină.

Frâna electropneumatică de serviciu (frana tren) este compusa din:

Blocul de supape al frânei automate RHZE 3-4 si aparataj de aer:

- Supapa distribuitor KE1DSL; \_\_\_\_\_
- Robinet de izolare cu supapa de reținere incorporata tip DHRV12-T \_\_\_\_\_ 1 buc.
- Supapa dubla de reținere tip DRV 25/19; \_\_\_\_\_
- Regulator de presiune tip DMV 7A/7,5; \_\_\_\_\_
- Robinet de descărcare tip SK-DN9; \_\_\_\_\_
- Rezervor de aer 57 litri. \_\_\_\_\_

Unitatea de comandă a frânării electropneumatice indirecte este destinată utilizării la locomotivele de linie principală și manevra echipate cu frâna indirectă acționată prin intermediul unei comenzi electrice.

Aceste unități se utilizează pentru a regla presiunea din conducta generală, moderabilă la frânare, și menținerea presiunii în conformitate cu normele UIC. Pierderile din conducta de frâna sunt compensate prin umplere automată.

Alte caracteristici:

- temperatura ambianta:  $-25^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ ;
- tensiunea de alimentare: 24 Vcc ( $-30\% \div +30\%$ );
- consum de putere: 14W (pentru fiecare supapa);
- grad de protecție: IP65/DIN40050;
- durata de acționare: 100%;



- presiunea în conducta principală: 10 bar;
- timp de răspuns: 15ms;
- presiunea de exploatare maximă: 10 bar
- volumul rezervorului A:  $5,0 \pm 0,2$  litri
- volumul rezervorului AS:  $0,4 \dots 0,45$  litri incluzând și volumul conductelor către rezervor
- volumul rezervorului Z:  $9,0 \pm 0,4$  litri
- timp de frânare (de la presiunea rezervorului A la 3,5 bar):  $6,3 \pm 1,0$  sec.
- timp de slăbire frâna ( creșterea presiunii de la 3,5 la 4,8 bar în conducta de frâna):  $6,0 \pm 1,0$  sec.
- scăderea maximă a presiunii DMV:  $1,8 \pm 0,1$  bar
- presiunea de egalizare maximă: 0,8 bar

Unitatea de comandă a frânării electropneumatice indirecte RHZE 3-4 este comandată cu un controler cu manșă cu 5 poziții: alimentare tren (slăbire completă a frânei); slăbire frâna; poziție neutră; frânare; frânare de urgență. Unitatea de comandă a frânării electropneumatice directe DBCU1 este destinată transformării comenzilor frânei în presiuni individuale corespunzătoare în cilindrul de frâna. Frânarea este moderabilă.

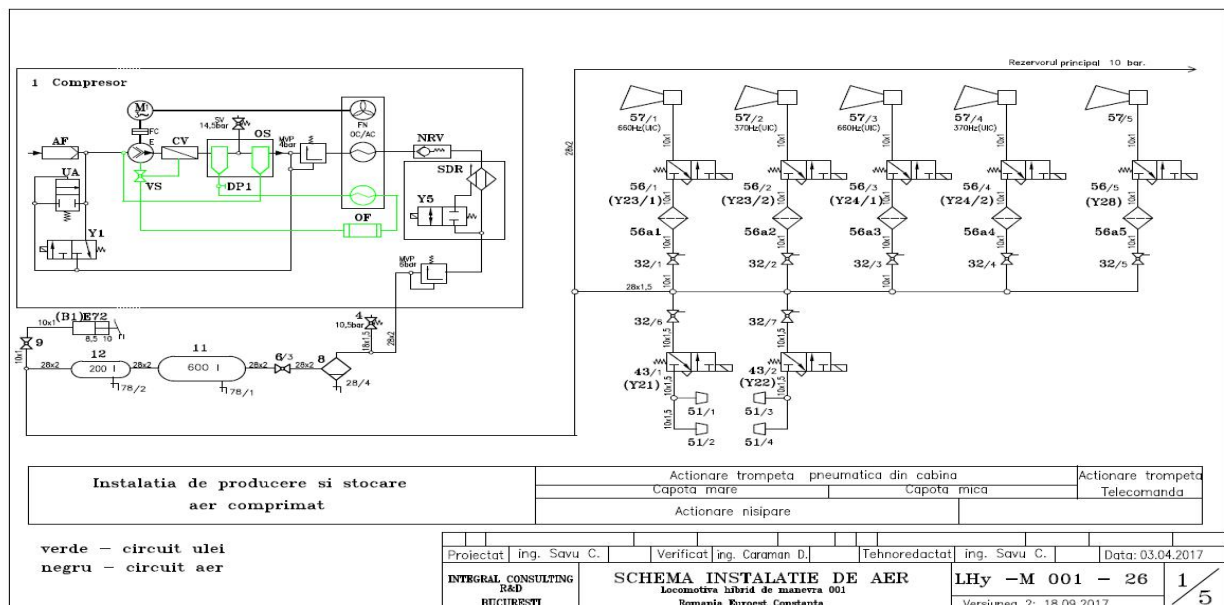
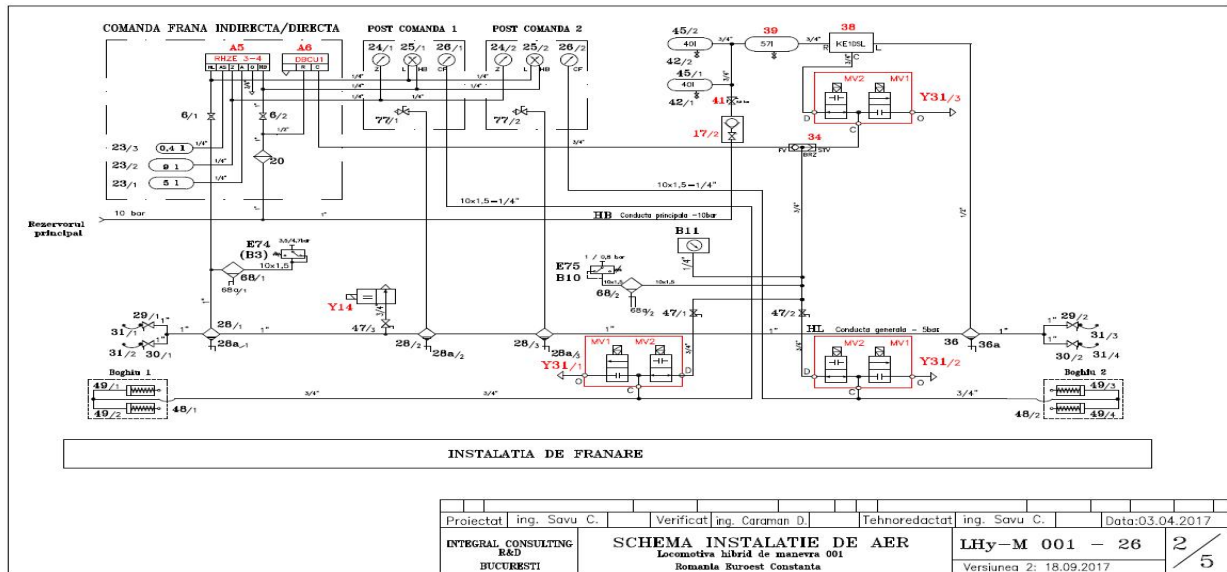


Fig. 4. Schema instalatie de aer locomotiva hibrid de manevra



**Fig. 5.** Schema instalatie de aer locomotive hibrid de manevra

Alte caracteristici:

- temperatura ambianta: —————  $-25^{\circ}\text{C} \div + 60^{\circ}\text{C}$ ;
- tensiune de alimentare: —————  $24 \text{ Vc.c.} (-30\% \div + 30\%)$ ;
- grad de protecție: ————— IP65/DIN40050;
- presiunea conductei principale: ——— 10bar;

Unitatea de comandă a frânării electropneumatice directe DBCU1 este comandată cu un controller cu 3 pozitii:franare cu revenire in pozitia “0” (franare constanta) si slabire frana cu revenire in pozitia “0” (slabire constanta)

Frâna de urgență tip SVI-IT

Electroventilul SVI-IT lucrează pe principiul circuitului închis cand este este alimentat. La dispariția tensiunii de alimentare, conducta generală este aerisită producându-se frânarea de urgență si întreruperea tuturor eforturilor de tracțiune în mai puțin de 2 secunde.

#### ■ Protecția antiblocaj

Sistemul WSP este compus din: modul procesor CPU 833 TG si modul CDT 731 TG Selectron; supapa antiblocaj tip GV21-1 Knorr Bremse; traductor de viteza tip DF16/153.64bac Deuta.

Protecția antiblocaj este realizată de către unitatea „Modul antipatinaj/antiblocaj (caleul viteza) CDT 731 TG”, de la firma Selectron. Software-ul de aplicație este realizat, in premieră pentru aceasta locomotivă, de Integral Consulting R&D. Acest software detectează apariția incipienta a blocajului și comandă slăbirea frânei prin intermediul ventilelor antiblocaj GV21-1 Knorr Bremse care descarcă controlat presiunea din cilindri de frână iar după eliminarea blocajului (reaparitia mișcării roții), comandă tot controlat revenirea cu o anumita panta la valoarea comandată a presiunii în cilindri de frână. Rolul software-ului de aplicatie este de a mentine forța de frânare la limita de aderență, asigurand o frânare eficientă și fără blocaje (care insemnana uzuri majore și ineficiența frânei).

Compatibilitate electromagnetica: Conform EN 50121-3-2.

#### ■ Echipamentul de telecomandă

Unitatea de control a locomotivelor Freedom™ (LCU) – noua generatie realizata Laird™ combina siguranța și compatibilitatea cu flexibilitatea și permite clientului configurarea

specifică. Freedom a fost dezvoltat în conformitate cu toate standardele europene relevante și este folosit pentru prima oară în România și UE.

### Caracteristici

- ~~Temperatura de funcționare Transmițător, Receptor, Încăreător: Conform SR EN 50239:2003/AC:2013, Articol 9.2.1.1, Condiții naționale particulare pentru România: componentele unității de comandă a vehiculului de tracțiune și de comunicație radio de la -25°C până la +70°C.~~
- ~~Temperatura de funcționare baterie: Conform SR EN 50239:2003/AC:2013, Articol 9.2.1.1, Condiții naționale particulare pentru România: Temperatură de lucru: Încărcare: -25°C ... +45°C; Descărcare: -25°C ... +45°C; Depozitare: minim -25°C~~
- ~~Protecția împotriva incendiilor încărcător: Conform SR EN 45545 1..5~~
- ~~Software de aplicație: Software dezvoltat conform versiunii valabile a EN 50128, în conformitate cu acest standard.~~
- ~~Clasa de integritate pentru transmisia informațiilor critice: Clasa 13, cea mai înaltă integritate a siguranței, pentru protocoale de transmitere a telecomenzii conform IEC 60870-5-1~~
- ~~Compatibilitate electromagnetica: Conform EN 50121-3-2~~

### 3. Concluzii

Cercetarea realizată demonstrează faptul că locomotiva hibridă de manevră (LHy-M) realizată de România Euroest SA este singura locomotivă hibridă cu o formulă de axișă de tip B'-B' la nivel mondial care:

- Transformă o locomotivă diesel hidraulică tip LDH 1250 CP și care include utilizarea arborilor cardanici, atacurilor de osie, aparatului de rulare, suspensiei și ramei boghiului ale acesteia, deschizând posibilitatea dezvoltării unui concept de transformare a majorității tipurilor de locomotive diesel hidraulice produse, atât în țară și exportate, dar și a celor produse în alte state europene;
- Prin concept include posibilitatea proiectării și construcției personalizate bazate pe o platformă tehnică modulară menită să răspundă cerințelor specifice de operare în cadrul proceselor industriale. Kit-ul de transformare al locomotivei reprezintă, în esență un transplant de "inimă";
- Folosește un sistem avansat de echilibrare /management al pack-urilor de baterii Li-Ion;
- ~~Este dezvoltată/construită pornind de la o configurație de locomotivă electrică pe baterii „Full electric vehicle” și hibridizată, astfel încât modul principal de acționare să fie cel electric pe baterii;~~
- Dispune de un concept inovativ de testare, în scopul măsurării și înregistrării tuturor parametrilor necesari pentru a demonstra în mediul industrial de exploatare avantajele

din punct de vedere al noxelor, consumului energetic, costurilor pe durata de viață, siguranța în exploatare, facilități de operare etc;

- Dispune de un proiect cu caracter complex și multidisciplinar al abordărilor pentru realizarea prototipului locomotivei hibrid, privind domeniile: material rulant, acționări electrice, automatizări, acționari pneumatice, calculatoare industriale (hardware & software), inginerie mecanică, servicii de manevră a materialului rulant, normative de securitate și regulamente specifice etc.
- Are o FIABILITATE net superioară și FLEXIBILITATE OPERAȚIONALĂ și DISPONIBILITATE conform SREN 50126-1/2003;
- Dispune de un COEFICIENT DE DISPONIBILITATE care depășește 95% și este mult superior mediei înregistrate de locomotiva clasică tip LDH 1250CP;
- Reduce erorile umane prin includerea opțiunii de telecomandare;
- Asigura la nivel superior protecția mediului conform HG 1022 / 2002 – emisii de gaze și fum reduse cu 70%;
- Prelungește DURATA DE VIAȚĂ a unei locomotive clasice cu 10-20 de ani;
- Ajuta în asigurarea unui parc de locomotive suficient de mare pentru a face față CERERII INDUSTRIALE;
- Dispune de stabilitate a rulării la viteze de manevră reglementate și asigură parametrii contactului roata-șină;
- Asigura la nivel superior cerințele privind sănătatea și securitatea personalului conform SREN 18001 / 2008 imprimând calitate net superioară procesului tehnologic;
- INTEGRAREA FIABILĂ în baza compatibilității tehnice cu alte vehicule feroviare, în cadrul convoaielor de manevră și a altor instalații fixe din componența infrastructurii feroviare.

Economiile de combustibil sunt generate de:

- Diferența majoră dată de indicatorul **CoE** - costul energiei. Pretul unui MWh achiziționat pe piața concurențială de energie de către industrie este de **35.5 Euro/MWh**, în condițiile de livrare pe rețeauă de transport de înaltă tensiune. Pretul unui MWh pe piața futures pe următorii 5 ani este de 26.6 Euro/MWh. Pretul unui MWh produs la bordul locomotivei Diesel hidraulice folosind motorul Diesel este circa **230-235 Euro/MWh** echivalent.
- Randamentul superior al schemei cinematice prin utilizarea a 2 motoare de tracțiune de **155 kW** comparativ cu **1250CP** cuplați la o transmisie hidraulică;
- Generatorul care nu va fi acționat cea mai mare parte a duratei de mers în gol. Generatorul va fi folosit exclusiv pentru încărcarea bateriilor, pentru creșterea autonomiei, în funcție de sarcinile specifice ale ciclului de manevră;
- Randamentul bun al motorului diesel al grupului generator. Când grupul generator este pornit, motorul va funcționa la parametri foarte apropiați de valoarea de referință optimă și randamentul său este optim. Volumul combustibilului consumat per kWh va fi constant, fără să depindă de profilul misiunii.

În acest caz, energia necesară de locomotive pentru a susține perioada de repaus este generată de grupul generator cu nivelul său constant de eficiență. Dimpotrivă, în cazul

unei locomotive diesel clasice de manevră, această energie va fi furnizată de motorul diesel în modul de mers în gol, cu un randament slab. Consumul mare la mersul în gol al motoarelor nu depinde de puterea furnizată (cu condiția ca aceasta să fie relativ mică, mai puțin de 10% din puterea nominală), ci de durata funcționării.

Tehnologia hibridă aplicată locomotivelor de manevră, aduce beneficii substanțiale în ceea ce privește economia de combustibil, reducerile de emisii poluante și zgomot.

Acest lucru va conduce la operațiuni de manevră "mai curate" în porturi, combinate chimice, siderurgice, platforme industriale, silozuri, terminale petroliere și de LNG/LPG, etc.

#### 4. References

- [Girard 2008] Girard H., Oostra J., Neubauer J.; *Hibrid shunter locomotive*, [www.uic.org/cdrom/2008/11\\_wcrr2008/pdf/R.2.2.3.1.pdf](http://www.uic.org/cdrom/2008/11_wcrr2008/pdf/R.2.2.3.1.pdf)
- Own market observations of CleanER-DSP5 partners; <http://www.cleaner-d.eu>
- <http://www.cleaner-d.eu>
- <http://uic.org/>

#### Acknowledgement

This work was supported by a grant of the Romanian National Authority for Scientific Research and Innovation, CNCS/CCCDI – UEFISCDI, project number PN-III-P2-2.1-PTE-2016-0070, within PNCDI III.